Bayerische Berg-, Hütten- und Salzwerke Aktiengesellschaft
Bibliothek:
Gruppe: II H
E Nr. 69

BHS II H 69-2

# Handbuch

der

# Phyſik

von

**Johann Ph. Neumann,**

Profeſſor am k. k. polytechniſchen Inſtitute in Wien.

BIBLIOTHEK
DER K:B:GENERAL
BERGW:U:SALINEN
ADMINISTR:

## Zweyter Band.

Mit zwölf Kupfertafeln.

Zweyte, bedeutend geänderte und vermehrte Auflage.

**Wien.**

Gedruckt und im Verlage bey Carl Gerold.

1835.

173

Bayerische
Staatsbibliothek
München

# Vorrede.

Hier erſcheinet denn nun, nach einer allerdings langen Zwiſchenzeit dem erſten folgend, dieſer zweyte Band meines Werkes über Phyſik in der neuen Ausgabe, und zwar mit etwas geändertem Titel. Die ſo bedeutende Verſpätung wurde durch mehrere Umſtände veranlaßt, mit deren Auseinanderſetzung ich den Leſer um ſo mehr glaube verſchonen zu ſollen, weil dadurch das Buch dennoch um keinen Augenblick früher in ſeine Hand käme. Über die Änderung des Titels dagegen halte ich mich verpflichtet einige Worte zu ſagen. Der neu gewählte iſt offenbar mehr als der frühere geeignet, den Zweck und Umfang des Werkes anzudeuten, während durch den Nahmen »Lehrbuch« mancher Leſer veranlaßt werden konnte, ſich darunter ein bloß als Leitfaden zu Vorträgen dienendes Buch oder ſogenanntes Compendium zu denken, da doch des Verfaſſers Abſicht dahin ging, eine weit ausführlichere und ſolche Darſtellung der Wiſſenſchaft zu liefern, welche auch zum Selbſtunterrichte geeignet ſeyn ſollte. Damit aber für den erſten Band gleichfalls jeder Beſitzer desſelben den neuen Titel erhalte, iſt dieſer eigens gedruckt und hier beygelegt worden.

So viel von Nebendingen. Das Werk ſelbſt betreffend, habe ich im Allgemeinen nicht eben viel Erhebliches darüber zu erinnern; indem Alles, was die Anordnung der Lehren, die Weiſe des gewählten Vortrages und derglei-

chen betrifft, bereits in der Vorrede zum erſten Bande enthalten iſt. Daß übrigens dieſer zweyte Band in der gegenwärtigen Ausgabe noch weit mehr Änderungen und Erweiterungen als der erſte erhalten hat, und mithin noch bey weitem mehr als ein neues Werk angeſehen werden kann, iſt zum Theil ſchon daraus zu erwarten, weil die wichtigſten Fortſchritte, welche in der Naturwiſſenſchaft ſeit der Erſcheinung der erſten Ausgabe geſchehen ſind, gerade diejenigen Lehren betreffen, denen der zweyte Band gewidmet iſt.

Hinſichtlich dieſer einzelnen Lehren insbeſondere wünſche ich nun allerdings den beurtheilenden Leſer auf Einiges aufmerkſam zu machen; obgleich ein großer Theil deſſen, was gewöhnlich in Vorreden pflegt erinnert zu werden, gelegenheitlich in dem Werke ſelbſt berührt worden iſt.

In dem den Schwingungsbewegungen elaſtiſcher Körper gewidmeten Hauptſtücke wird die bedeutendere Ausführlichkeit, mit welcher das hierher Gehörige abgehandelt iſt, wohl nicht leicht demjenigen auffallend erſcheinen, welcher bedenkt, daß die Vibrationsbewegung zu den wichtigſten und verbreitetſten Phänomenen gehört, und die allſeitige Betrachtung derſelben beſonders in unſern Tagen immer mehr an Intereſſe gewinnt. Eben ſo wenig kann es in einem Buche, worin die Anwendung der Naturgeſetze beſonders berückſichtiget wird, ihm unerwartet vorkommen, daß darin die Lehre von den Schwingungen der Luft in den Blasinſtrumenten, von der Mittheilung der Vibrationsbewegung, von der Reſonanz u. d. m. mit einiger Umſtändlichkeit behandelt wird. Vielleicht dürfte indeſſen die Lehre über Tonverhältniſſe, und was damit in Verbindung ſteht, etwas ausführlicher entwickelt worden ſeyn, als gerade nothwendig wäre; indeſſen ſind alle derley Entwickelungen ohne Ausnahme in die mit Notenſchrift gedruckten, den eigentlichen Pa=

ragraphen angefügten Zuſätze verwieſen und ſo behandelt worden, daß jeder Leſer, der ihrer entbehren zu können glaubt, ſie übergehen kann, ohne deßhalb die Aneinanderfolge oder den Zuſammenhang der Hauptſätze im mindeſten zu ſtören. Dasſelbe gilt auch von allen ähnlichen in den andern Hauptſtücken vorkommenden Entwickelungen, hiſtoriſchen Angaben u. d. m., wie bereits in der Vorrede zum erſten Bande (Seite IX), wo von der Form des Buches die Rede iſt, weiter ausgeführt wird.

In dem Hauptſtücke von den Erſcheinungen der Wärme hat die meiſten Erweiterungen erhalten die Lehre von der Bildung der Dünſte und ihrer Spannung, und die damit in Verbindung ſtehende Hygrometrie. In Beziehung auf die letztere möge der Leſer dasjenige nicht unbeachtet laſſen, was über die Beobachtung der Hygrometer unter den Tabellen auf Seite 711 u. ſ. w. vorkömmt. Durch die Überſicht der Quellen der Wärme auf Seite 236 habe ich eine kurze Zuſammenfaſſung ſämmtlicher Lehren dieſes Hauptſtückes beabſichtigt.

In dem nächſtfolgenden Hauptſtücke vom Lichte habe ich es ſowohl für bequem als auch zum Behufe von Anwendungen für erſprießlich gehalten, die analytiſche Betrachtung der Spiegelung, und eben ſo die der Brechung des Lichtes in Linſen eigens und getrennt von den vorangegangenen verzeichnenden Darſtellungen dieſer Erſcheinungen zu geben. Daß übrigens die ganze Lehre vom Lichte durch die vielen neuen Erweiterungen in Beziehung auf Interferenz, Beugung u. ſ. w. eine neue Geſtalt erhalten mußte, verſteht ſich von ſelbſt; beſonders aber gilt dieſes für die Abhandlung von der Polariſation, in welcher ich mich bemühet habe, die äußerſt zahlreichen und mannigfaltigen Erſcheinungen in einer ſolchen Aneinanderreihung vorzutragen, wie ſie mir zur

Erleichterung der Überſicht und Zuſammenfaſſung derſelben am dienlichſten vorkam. In der Abhandlung vom Sehen und von den optiſchen Inſtrumenten ging mein Beſtreben dahin, nichts einiger Maßen Wichtiges zu übergehen.

Die electriſchen und magnetiſchen Erſcheinungen habe ich, ihres Zuſammenhanges wegen, in einem und demſelben Hauptſtücke abgehandelt, und zwar die erſtgenannten vor den letzterwähnten, weil (den Erfahrungen ſowohl als den herrſchenden Anſichten gemäß) der Magnetismus als etwas durch electriſche Thätigkeit Hervorgerufenes ſich beynahe aufdringt, und mithin die natürliche Ordnung es verlangt, den Grund ſeiner Folge vorangehen zu laſſen. Daher zerfällt dieſes Hauptſtück in drey Abſchnitte, in deren erſtem die Erſcheinungen der Electricität, in dem zweyten die des Magnetismus, im dritten der Zuſammenhang beyder vorgetragen werden. — Bey der in dem erſten Abſchnitte vorkommenden Betrachtung der auf die ſogenannte electriſche Vertheilung ſich gründenden Apparate (§. 890 u. ſ. w.) hat mir die dort beobachtete Ordnung die natürlichſte geſchienen; auch habe ich mich bemüht, den eigentlichen Unterſchied zwiſchen dem Condenſator, der electriſchen Verſtärkung und dem Electrophor genauer (§. 900 und §. 911) anzugeben, als dieſes in der früheren Ausgabe geſchehen iſt. Endlich habe ich ſowohl bey dieſen Apparaten, als auch bey der ſpäter vorkommenden einfachen und zuſammengeſetzten electriſchen Kette oder Voltaiſchen Säule und in allen ähnlichen Fällen immer die Grunderſcheinung vorangeſchickt, und die daraus mittelbar ſich ergebenden aus ihr abgeleitet. Dieſe Erſcheinungen betreffend habe ich überdieß es räthlich befunden, diejenigen, welche der electriſchen Spannung angehören, von den durch den ſogenannten electriſchen Strom herbeygeführten zu trennen, und dieſe ſo wie jene eigens zu betrachten. — In dem

zweyten Abſchnitte desſelben Hauptſtückes hat die Lehre von dem Erdmagnetismus und die von der Erregung der magnetiſchen Kräfte die meiſten Änderungen und Erweiterungen erhalten. Ganz neu hinzugekommen ſind die Erſcheinungen des ſogenannten Rotationsmagnetismus, ſo wie (als Gegenſtand des dritten Abſchnittes) die des Electromagnetismus und der Magnetoelectricität. Auch hier ging meine vorzüglichſte Bemühung dahin, durch Zurückführung der äußerſt großen Menge und Mannigfaltigkeit von Erfahrungen auf wenige Hauptthatſachen die Überſicht und Zuſammenfaſſung dieſes ganzen wichtigen Zweiges der Phyſik zu erleichtern.

In allen erwähnten drey Hauptſtücken, welche, dem Geſagten zu Folge, denjenigen Erſcheinungen gewidmet ſind, die als Wirkungen unwägbarer Stoffe betrachtet zu werden pflegen, habe ich es mir zu einer Hauptaufgabe gemacht, alles Thatſächliche ſowohl von den bloß bildlichen Vorſtellungsweiſen, als auch (und noch viel mehr) von den eigentlichen Hypotheſen ſtrenge zu ſcheiden, und jenes erſtere ſo vorzutragen, daß die Naturgeſetze, die ſich daraus ergeben, und deren Auffindung der vorzüglichſte Zweck der Naturlehre iſt, feſtgeſtellt würden ohne Beziehung auf hypothetiſche Anſichten; mithin ſo, daß dieſe letzteren auch ganz könnten übergangen werden, ohne in dem Vortrage des Übrigen eine Änderung herbey zu führen. So habe ich z. B. in der Lehre vom Lichte den ganz auf Thatſachen beruhenden Begriff vom Lichtſtrahle (§. 723) feſtgeſtellt, ohne Beziehung auf irgend eine hypothetiſche Anſicht, und habe dann die Geſetze des directen Lichtes, ſo wie die der Zurückſtrahlung, der Brechung u. ſ. w. gleichfalls aus Thatſachen abgeleitet. Auf ähnliche Weiſe iſt, ohne Beziehung auf irgend eine Hypotheſe, der Begriff von der electriſchen Spannung und dem electriſchen Strome (unter

welchem ich bloß das Fortſchreiten des electriſchen Zuſtandes verſtehe) feſtgeſtellt (§. 873), und bey der Darſtellung der Thatſachen und der Auffindung der Geſetze angewendet worden. Wie man ſich indeſſen bey allen den verſchiedenen Ergebniſſen auch der hypothetiſchen Vorſtellungsweiſen bedienen könne und wirklich bediene, iſt gleichfalls (aber nie als den Lehren zu Grunde liegend, ſondern ſie nur begleitend) angeführt worden. Es ſind mithin weder in der Lehre vom Lichte die Emiſſions- und Vibrationshypotheſe, noch in der Electricitätslehre die Anſichten der Unitarier und Dualiſten mit Stillſchweigen übergangen, wohl aber iſt die Vermengung des Hypothetiſchen und Thatſächlichen ſorglich vermieden worden.

Der Anhang enthält eine möglichſt gedrängte Darſtellung der irdiſchen Erſcheinungen im Großen, bey deren Beurtheilung der Leſer erſucht wird, auf das im §. 1008 Geſagte Rückſicht zu nehmen.

Die bereits in der früheren Ausgabe getroffene Einrichtung, nach welcher alle größern Tabellen, um den Text dadurch nicht zu zerreißen, rückwärts als eine eigene Zugabe angefügt ſind, iſt auch in dieſer neuen Ausgabe beybehalten, die Tabellen ſelbſt aber ſind hier bedeutend vermehrt worden. Für ein Compendium wären ſie allerdings viel zu ausführlich; für ein Handbuch dagegen (beſonders hinſichtlich ſeiner practiſchen Tendenz) dürften ſie wohl nicht als unzweckmäßig erſcheinen.

Dagegen aber iſt die in der früheren Ausgabe vorhandene Überſicht des ganzen Werkes von §. zu §. in der gegenwärtigen weggeblieben. Ich habe es nähmlich für zweckmäßiger erachtet, ſie durch ein alphabetiſches Sachregiſter zu erſetzen, welches die Aufſuchung eines jeden beliebigen Gegenſtandes erleichtert, und zugleich ſo gearbeitet iſt, daß bey jedem Worte, welches irgend einer Hauptrubrik

angehört, eine Überſicht aller einzelnen dahin gehörigen Lehren und die Zuſammenfaſſung derſelben angegeben wird.

Noch fühle ich mich verpflichtet, einer in der Vorrede zum erſten Bande (Seite X) vorkommenden, die Literatur der Phyſik betreffenden, Zuſage zu erwähnen. Es heißt dort: »Statt der vielen Raum einnehmenden Citate werde »ich am Ende des zweyten Bandes die wichtigſten deut»ſchen und ausländiſchen Werke über die ganze Phyſik ſowohl »als über einzelne Theile derſelben, eben ſo die leſenswer»theſten Zeitſchriften, eigens anführen.« Wenn indeſſen eine ſolche Angabe einiger Maßen vollſtändig ſeyn ſollte: ſo müßte ſie ebenfalls einen bedeutenden Raum einnehmen. Überdieß war es bey den Lehren dieſes zweyten Bandes nicht zu vermeiden, manches Werk und manche in irgend einer Zeitſchrift erſchienene Abhandlung gleich dort anzuführen, wo eine derley Nachweiſung beſonders als nöthig oder nützlich erſchien. Daher habe ich, ſtatt jene Anzeige zu liefern, es vorgezogen, meine Leſer auf zwey Werke zu verweiſen, in welchen die hierher gehörige Literatur mit bedeutender Vollſtändigkeit zu finden iſt, nähmlich auf den dritten Band von Fechner's Repertorium der Experimentalphyſik, worin nicht nur die erheblichſten Werke über die ganze Naturlehre, ſondern auch die wichtigſten, in periodiſchen Schriften erſchienenen und einzelne Zweige betreffenden Aufſätze angegeben ſind; dann auf Muncke's Handbuch der Naturlehre, worin bey den einzelnen Lehren Beziehungen auf alte und neue, größere und kleinere Werke und Abhandlungen enthalten ſind, wie ſie nicht leicht anderswo mit gleicher Emſigkeit geſammelt angetroffen werden. Außerdem ſind auch in Kaſtner's Grundzügen der Phyſik und Chemie, und beſonders in deſſen Meteorologie, dann in der Meteorologie von Kämtz ſehr viele ſchätzbare literariſche Nachweiſungen enthalten.

Ich erwarte es von der Billigkeit des Leſers, daß er mir es nicht als eine falſche Beſcheidenheit auslegen werde, wenn ich in meinem Buche es möglichſt vermeide in der erſten Perſon zu ſprechen, und, wenige Ausnahmen abgerechnet, alle Unterſuchungen gleichſam in ſeiner Geſellſchaft vornehme. Was etwa eigenthümlich mir angehören dürfte, möge ohne beygefügte Andeutung als ſolches ſich offenbaren, oder auch nicht. Denn was in einem die ganze Wiſſenſchaft umfaſſenden Werke das unbeſtreitbare Eigenthum des Verfaſſers iſt, beſteht vorzüglich in der Form, in der Anordnung, in der Behandlungsweiſe. Der Zuſtand der Wiſſenſchaft dagegen, bezüglich auf das Materielle derſelben, iſt nicht das Werk eines Einzelnen, ſondern das Reſultat der Forſchungen aller mitwirkenden Zeitgenoſſen. Und, wahrlich, ſehr erfreulich iſt es, die Bemühungen derſelben und ihren regen Eifer zu betrachten, und ihr freundſchaftliches Zuſammenwirken.

Wenn daher bey manchen einzelnen Lehren, beſonders bey neueren Erweiterungen derſelben, eine kurze Erwähnung derjenigen Männer geſchieht, denen die Wiſſenſchaft dieſe oder jene Bereicherung zu verdanken hat: ſo hoffe ich, daß dieſes in dem gegenwärtigen, einige Ausführlichkeit geſtattenden Buche um ſo weniger für eine Abſchweifung werde angeſehen werden, da derley Erwähnungen (der von mir durchgängig befolgten oben erwähnten Form gemäß) bloß in den Noten oder Zuſätzen eine Stelle erhielten. Nur ungern verſage ich mir das Vergnügen, außerdem noch eigens eine umfaſſendere und ſtrenger geordnete Überſicht ihrer mannigfaltigen Leiſtungen hier dankbar anzufügen. Dennoch glaube ich mich derſelben enthalten zu müſſen, da dieſes Vorwort ohnedieß ſchon etwas gedehnter geworden iſt, als es meinen Wünſchen gemäß hatte werden ſollen.

# Inhalt des zweyten Bandes.

Fortſetzung und Schluß der Lehre von den Ponderabilien (als der erſten Abtheilung der Erfahrungs-Naturlehre irdiſcher Körper) enthaltend:

## Drittes Hauptſtück.

### Von den Schwingungsbewegungen elaſtiſcher Körper, beſonders in Beziehung auf das Hörbare derſelben.


Seite

Von dieſen Bewegungen überhaupt . . . . . . . . . . . 3

Vom Schalle im Allgemeinen . . . . . . . . . . . . . . 6

A) Von den Schwingungen der urſprünglich klingenden Körper . 9

Schwingungen geſpannter Saiten . . . . . . . . . . . 10

Die phyſiſchen Gründe der Muſik, oder das Wichtigſte über die Töne und ihre Verhältniſſe, entwickelt aus Erfahrungen über die Transverſalſchwingungen geſpannter Saiten . . . . . 13

Fortſetzung der Lehre von den Schwingungen der Saiten . . 28

Schwingungen einer Membrane . . . . . . . . . . . . 29

Schwingungen elaſtiſcher Stäbe . . . . . . . . . . . 30

Schwingungen der Scheiben und Glocken . . . . . . . 34

Hörbare Schwingungen der Luft . . . . . . . . . . . 39

Nähere Betrachtung und Anwendung auf die verſchiedenen Blasinſtrumente . . . . . . . . . . . . . . . . . 40

Die menſchliche Stimme . . . . . . . . . . . . . . 54

Die ſogenannte chemiſche Harmonika . . . . . . . . . 58

Von der Stärke des Schalles . . . . . . . . . . . . 59

B) Mittheilung der Schwingungen und darauf beruhende Erſcheinungen . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 60

Seite
1. Allgemeine Erfahrungen über dieſe Mittheilung . . . . 61
2. Fortleitung des Schalles . . . . . . . . . . . . . . 63
Erfahrungen über dieſe Fortleitung durch die Luft, eigens betrachtet . . . . . . . . . . . . . . . . . 68
Fortleitung desſelben durch tropfbare Flüſſigkeiten . . . . 80
Durch feſte Körper . . . . . . . . . . . . . . . 81
3. Reſonanz . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 83
C) Wahrnehmung des Schalles . . . . . . . . . . . . 87

---

## Der Erfahrungs-Naturlehre irdiſcher Körper zweyte Abtheilung, enthaltend die Lehre von den Imponderabilien.

### Erſtes Hauptſtück.

#### Von den Erſcheinungen der Wärme.

Allgemeines . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 93
Meſſung der freyen Wärme . . . . . . . . . . . . . 97
Verbreitung der freyen Wärme . . . . . . . . . . . 114
1. Strahlende Wärme . . . . . . . . . . . . . . . 115
2. Fortgeleitete Wärme . . . . . . . . . . . . . . 122
Ungleichmäßige Vertheilung der Wärmethätigkeit in verſchiedenen Körpern oder die ſpecifiſche Wärme derſelben . . . . . . . 130
Die Wirkungen der Wärme eigens betrachtet . . . . . . . 143
I. Raumänderung . . . . . . . . . . . . . . . . . —
II. Änderung des Aggregatzuſtandes, nähmlich:
A) Schmelzen feſter Körper und Feſtwerden der flüſſigen . . 165
B) Bildung der Dämpfe oder Dünſte . . . . . . . . . . 172
Dampf oder Dunſt in einem abgeſperrten luftvollen Raume eigens betrachtet . . . . . . . . . . . . . . . 185
Derſelbe in einem abgeſchloſſenen luftvollen Raume . . 194
Verdünſtung im Freyen; Hygrometrie . . . . . . . . 196
Anwendung der Dämpfe zu beſtimmten Zwecken . . . 207
C) Bildung und Zerſetzung der Gaſe; Verbrennungsprozeß; Bildung von Säuren und Oxyden; Bildung des Waſſers; Anwendungen des Verbrennungsprozeſſes; Eudiometrie 216
Quellen der Wärme, zuſammengefaßt und eigens betrachtet . . 236

## Zweytes Hauptſtück.

### Von den Erſcheinungen des Lichtes.

| | Seite |
|---|---|
| Allgemeines | 245 |
| A) Erſcheinungen durch directes Licht | 252 |
| Von der erſcheinenden Entfernung, Größe, Geſtalt, Lage, Ruhe oder Bewegung der Körper | 261 |
| Geſchwindigkeit des Lichtes | 269 |
| B) Zurückſtrahlung des Lichtes und Erſcheinungen dadurch | 271 |
| Analytiſche Betrachtung der durch Spiegelung bewirkten Erſcheinungen | 292 |
| Hypothetiſche Anſichten über die Zurückſtrahlung | 296 |
| C) Brechung des Lichtes | 298 |
| Erſcheinungen durch ebene brechende Flächen | 304 |
| Brechung des Lichtes durch gekrümmte Flächen | 314 |
| Analytiſche Betrachtung der Erſcheinungen durch Linſen | 325 |
| Hypothetiſche Anſichten über die Erſcheinungen der Brechung | 331 |
| D) Doppelte Strahlenbrechung | 336 |
| Hypothetiſche Anſichten (Hinweiſung auf ſpätere Lehren) | 343 |
| E) Zerſtreuung des weißen in farbiges Licht | 344 |
| Achromaſie | 351 |
| Dauernde Farben der Körper | 355 |
| Durchſichtigkeit und Undurchſichtigkeit der Körper | 360 |
| Hypothetiſche Anſichten über die Erſcheinung der Farbe | 361 |
| F) Erſcheinungen der Interferenz des Lichtes | 364 |
| Hypothetiſche Anſichten | 367 |
| G) Beugung des Lichtes | 368 |
| Hypothetiſche Anſichten | 371 |
| H) Farbenerſcheinungen an dünnen Körperſchichten | 372 |
| Hypothetiſche Anſichten | 375 |
| I) Polariſirung des Lichtes | 376 |
| Allgemeine Beſtimmungen | — |
| Überſicht der Hauptfälle | 380 |
| 1. Polariſation durch Reflexion | 381 |
| 2. durch gewöhnliche Brechung | 383 |
| 3. durch doppelte Strahlenbrechung | 384 |
| Farbenerſcheinungen durch polariſirtes Licht | 388 |
| Hypothetiſche Anſichten über die Polariſirung und doppelte Strahlenbrechung | 395 |
| K) Das Auge und das Sehen mittelſt deſſelben | 399 |

Seite

L) Das Sehen mittelſt optiſcher Werkzeuge . . . . . . . . 414
Fernröhre . . . . . . . . . . . . . . . . . . . —
Microſcope . . . . . . . . . . . . . . . . . . 424
Andere optiſche Apparate . . . . . . . . . . . . . . 431
M) Von den Wirkungen des Lichtes, die nicht im Leuchten beſtehen, und dem Weſen dieſer Naturthätigkeit . . . . . . . . . 437
a. Wärmeerregung durch Licht . . . . . . . . . . . . —
b. Materielle Änderungen durch dasſelbe . . . . . . . . 440
c. Electriſche und magnetiſche Wirkungen . . . . . . . . 442
Weſen des Lichtes und der Wärme . . . . . . . . . . —

## Drittes Hauptſtück.

### Von den Erſcheinungen der Electricität und des Magnetismus.

### Erſter Abſchnitt.

#### Von der Electricität.

Allgemeines . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 446
A) Erſcheinungen und Geſetze der durch Reibung bewirken Electricität 456
Die Electriſirmaſchine und die vorzüglichſten mittelſt derſelben bewirkten Erſcheinungen . . . . . . . . . . . . . . . . —
Geſetze der entgegengeſetzten Electricitäten und ihre Anwendung . 465
Verbreitungsweiſe des electriſchen Zuſtandes:
a. Betreffend die electriſche Spannung . . . . . . . . . 474
b. Betreffend den electriſchen Strom . . . . . . . . . . 483
Einige merkwürdige, auf die Vertheilung der Electricitäten beruhende Apparate und die dadurch bewirkten Erſcheinungen . . 484
Allgemeine Betrachtung darüber . . . . . . . . . . . . —
Der Condenſator und ſeine Anwendung . . . . . . . . . 486
Die electriſche Verſtärkung; Erſcheinungen und Anwendungen . 489
Der Electrophor; Erſcheinungen und Anwendungen . . . 503
Electriſche Erſcheinungen in verdünnter Luft . . . . . . . 510
Überſicht der Wirkungen der Electricität, ſo weit ſie durch den mittelſt der Reibung erregten electriſchen Zuſtand der Körper ſich nachweiſen laſſen . . . . . . . . . . . . . . . . 511
Mediciniſche Anwendungen. . . . . . . . . . . . . . . 517
B) Erſcheinungen u. Geſetze der durch Berührung erregten Electricität 519
Allgemeine Erfahrungen und Folgerungen daraus . . . . . —
Wirkungen des electriſchen Stromes in der einfachen Kette. . 527

Seite
Die zuſammengeſetzte Kette oder Säule . . . . . . . . . 529
Grunderſcheinung daran . . . . . . . . . . . . . . . . 533
Theorie . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 536
Abgeleitete Erſcheinungen, nähmlich:
1. Wirkungen der electriſchen Spannung in der Säule . . 542
2. Wirkungen des electriſchen Stromes in derſelben . . . . 545
a. Phyſiologiſche Wirkungen . . . . . . . . . . . . —
b. Electriſche Funken . . . . . . . . . . . . . . 548
c. Erhitzung . . . . . . . . . . . . . . . . . 549
d. Chemiſche Wirkungen . . . . . . . . . . . . . 550
Electrochemie . . . . . . . . . . . . . . . . . . 558
Anwendungen der vorhergegangenen Lehren . . . . . . . . 561
C) Von der durch noch andere Prozeſſe hervortretenden Electricität, als:
durch Druck . . . . . . . . . . . . . . . . . . 563
durch Trennung . . . . . . . . . . . . . . . . . —
durch Wärmeänderung . . . . . . . . . . . . . . . 564
durch Änderung des Aggregatzuſtandes . . . . . . . . . 565
durch chemiſche Prozeſſe . . . . . . . . . . . . . . 566
durch den Lebensprozeß . . . . . . . . . . . . . . —
Atmoſphäriſche Electricität . . . . . . . . . . . . . 567

## Zweyter Abſchnitt.

### Von dem Magnetismus.

Magnet, natürlicher und künſtlicher . . . . . . . . . . 569
Allgemeine Angabe der vorzüglichſten magnetiſchen Erſcheinungen . 570
Genauere Beſtimmung der Lage eines frey beweglichen Magnetes; Erdmagnetismus . . . . . . . . . . . . . . . . . 576
Verfahrungsweiſen die Stärke der Kraft eines Magnetes zu prüfen und Reſultate ſolcher Prüfungen . . . . . . . . . . 587
Erregung des Magnetismus im nicht magnetiſchen Eiſen . . . 591
Erhaltung, Vermehrung und Verminderung der Kräfte eines Magnetes 599
Magnetismus anderer Körper außer dem Eiſen . . . . . . . 601
Magnetismus durch Rotation . . . . . . . . . . . . . 603

## Dritter Abſchnitt.

### Von den Erſcheinungen des Electromagnetismus, der Thermoelectricität und der Magnetoelectricität.

Zuſammenhang der electriſchen und magnetiſchen Thätigkeit . . 606
Zwey Hauptthatſachen u. eine Vorſtellungsweiſe üb. deren Zuſammenhang 607
Erſte Hauptthatſache . . . . . . . . . . . . . . . . —
Zweyte Hauptthatſache . . . . . . . . . . . . . . . 608

Seite
Multiplicatoren und ihre Anwendung . . . . . . . . . . . . 611
Zurückführung jener zwey Thatſachen auf eine . . . . . . . . 616
Hypotheſen . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 618
Abgeleitete Erſcheinungen . . . . . . . . . . . . . . . 620
Thermoelectricität oder Thermomagnetismus . . . . . . . . 628
Hervorrufung ſecundärer electriſcher Ströme; Magneto-Electricität 630
Weſen der electriſchen und magnetiſchen Thätigkeit . . . . . . 637

# Anhang.

## Irdiſche Erſcheinungen im Großen.

I. Erſcheinungen an der Oberfläche der Erde . . . . . . . . 641
Das feſte Land . . . . . . . . . . . . . . . . . 642
Das Meer . . . . . . . . . . . . . . . . . . . 646
Gewäſſer des feſten Landes . . . . . . . . . . . . . . 650
II. Erſcheinungen in der Atmoſphäre . . . . . . . . . . . 653
Wärmemeteore . . . . . . . . . . . . . . . . . . 654
Eigentliche Luftmeteore (Strömungen, Winde) . . . . . . 657
Schwankungen in der Atmoſphäre und die daher rührenden Barometerveränderungen . . . . . . . . . . . . . . . 662
Waſſermeteore . . . . . . . . . . . . . . . . . . 665
Electrometeore . . . . . . . . . . . . . . . . . 672
Feuermeteore . . . . . . . . . . . . . . . . . . 680
Lichtmeteore . . . . . . . . . . . . . . . . . . 684

# Mehrere Tafeln

## zu der Lehre von den Imponderabilien.

Tafeln zum erſten Hauptſtücke . . . . . . . . . . . . . 693
Tafeln zum zweyten Hauptſtücke . . . . . . . . . . . . 714
Tafeln zum dritten Hauptſtücke . . . . . . . . . . . . 720

Alphabetiſches Sachregiſter des ganzen Werkes . . . . . . . 723
Einige Nachträge und Berichtigungen . . . . . . . . . . . 745

Der

# Erfahrungs-Naturlehre irdiſcher Körper

erſte Abtheilung.

---

## Lehre von den Ponderabilien.

(Fortſetzung und Schluß.)

---

# Drittes Hauptſtück.

## Von den Schwingungsbewegungen elaſtiſcher Körper, beſonders in Beziehung auf das Hörbare derſelben.

### Einiges von dieſen Bewegungen überhaupt.

§. 558. Wir haben an einem andern Orte, wo von der Elaſticität die Rede war, auch der Schwingungsbewegungen elaſtiſcher Körper erwähnt (§. 500, Zuſatz). Hier ſollen dieſe Bewegungen ſowohl an ſich, als auch (und zwar hauptſächlich) in wie fern ſie ein Gegenſtand unſeres Gehörſinnes ſind, eigens betrachtet werden. —

Die Schwingungsbewegung eines elaſtiſchen Körpers iſt offenbar der Bewegung des Pendels ähnlich, nur die bewegende ſtätig wirkende Kraft iſt hier eine andere, als dort; dort die Schwere, hier die Elaſticität. Zur Erläuterung deſſen diene die Betrachtung eines elaſtiſchen Stabes. Er ſey an dem einen Ende a (Zeichnung 1.) feſt, etwa in einen Schraubſtock eingeſpannt, an dem andern Ende frey; er werde aus ſeiner urſprünglichen Lage ab in die Lage ac gebogen, und dann ſchnell los gelaſſen. Nothwendigerweiſe geht er in ſeine alte Lage zurück; und weil in jedem Augenblicke ſeiner Bewegung die Elaſticität neuerdings auf ihn wirkt, ſo iſt ſeine Bewegung eine beſchleunigte. Iſt er nun in der urſprünglichen Lage ab: ſo hat jeder ſeiner Puncte eine gewiſſe Geſchwindigkeit, mit der er fortgehen will, und auch wirklich fortgeht. Die Bewegung des Stabes iſt aber jetzt eine

verzögerte, indem die Elaſticität nun ſeiner Bewegung ſtätig entgegenwirkt und ſeine Geſchwindigkeit ſtätig vermindert. Und da dieſe Wirkung der Elaſticität hier der Bewegung genau eben ſo hinderlich ſeyn muß, wie ſie ihr früher förderlich war: ſo ſollte der Stab ſich ſo lange fortbewegen, bis er in eine Lage ad kommt, in welcher er von der urſprünglichen ab eben ſo weit entfernt iſt, wie er es in der Lage ac war. Aus der Lage ad geht er, aus eben denſelben Gründen, nach ac zurück, dann wieder nach ad ꝛc. Wären die Excurſionen nach beyden Seiten wirklich gleich, ſo hätte die Bewegung kein Ende. Allein jede folgende Schwingung iſt (wegen mancher Hinderniſſe) etwas kleiner, als die vorhergehende, und ſo kommt es, daß der Stab endlich in ſeiner urſprünglichen Lage ruht. — Eine ähnliche Erſcheinung gibt eine geſpannte Saite. Wird ſie aus der Lage acb (Zeichn. 2.) in die Lage adb gebracht und losgelaſſen, ſo oſcillirt ſie ebenfalls. Die Oſcillationen werden auch hier immer kleiner, bis ſie endlich in der urſprünglichen Lage acb ruhet.

In Beziehung auf die Ähnlichkeit dieſer Schwingungen mit denen des Pendels, kann hier, im Allgemeinen, noch Folgendes angemerkt werden.

1) Nähere Beſtimmung der Schwingungsbewegung, wie ſie einſtweilen in den angeführten Beyſpielen vorhanden iſt. Sie iſt bey dem Fortgehen des Stabes zu ſeiner urſprünglichen Lage eine ungleichförmig beſchleunigte, weil die Wirkung der Elaſticität mit der Näherung zu dieſer Lage abnimmt; eben ſo iſt die Bewegung nach der Lage ad eine ungleichförmig verzögerte. Für kleine Bögen kann man ſie indeſſen als eine gleichförmig beſchleunigte und verzögerte annehmen. Daſſelbe gilt von der geſpannten Saite Daſſelbe iſt auch von kleinen Pendelſchwingungen nachgewieſen worden (§. 286, Zuſatz).

2) Iſochronismus der Schwingungen. So wie die Schwingungen eines und deſſelben Pendels unter kleinen (wenn auch nicht ganz gleichen) Erhebungswinkeln ohne Fehler für iſrochoniſch gelten können, ſo ſind es auch die Schwingungen der elaſtiſchen Körper. So wie das Pendel dient, den von ihm benannten Pendeluhren einen gleichförmigen Gang zu verſchaffen (§. 296.), ſo leiſtet daſſelbe für die transportablen Uhren (z. B. die Sackuhren) eine elaſtiſche Feder, welche unter dem Nahmen der Spiralfeder bekannt

iſt. Sie iſt mit der ſogenannten Unruhe verbunden, und zwingt dieſe, iſochroniſch zu ſchwingen.

3) Abhängigkeit der Menge der Schwingungen für eine beſtimmte Zeit von der Größe der beſchleunigenden Kraft. Auch hier hat eine Ähnlichkeit mit den Pendeln Statt. Nach §. 286, Zuſatz, iſt $T^2 : t^2 = g : G$, mithin $N^2 : n^2 = G : g$, d. h. die zweyten Potenzen der Schwingungszahl im Pendel für eine beſtimmte Zeit iſt deſto größer, je größer die Wirkung der Schwerkraft iſt. Da bey elaſtiſchen Körpern die Elaſticität E die beſchleunigende Kraft iſt: ſo muß hier dasſelbe Verhältniß Statt finden ($N^2 : n^2 = E : e$), wenn alles Übrige gleich iſt.

§. 559. Die Schwingungen der elaſtiſchen Körper können dreyerley ſeyn: 1) Transverſale oder Querſchwingungen, welche auch normale genannt werden, ſolche nähmlich, deren Richtung auf die Hauptdimenſion des Körpers ſenkrecht iſt. Von dieſer Art ſind z. B. die gewöhnlichen Schwingungen geſpannter Saiten. 2) Longitudinale oder Längenſchwingungen, welche man auch tangentiale nennt, ſolche nähmlich, deren Richtung mit der Länge des Körpers parallel iſt. Sie beſtehen in abwechſelnden Verdichtungen und Ausdehnungen. 3) Drehende Schwingungen, wobey die Theile eines länglichen Körpers um die Achſe desſelben hin und her ſich bewegen. Zu dieſer gehört auch das Auf- und Abdrehen eines jeden mit einem Gewichte beſchwerten Fadens.

§. 560. Übrigens gelten von allen Schwingungen folgende Sätze, die aber größtentheils erſt durch ſpäter anzuführende Erfahrungen vollkommen beſtätigt werden: 1) Ein elaſtiſcher Körper kann als ein Ganzes ſchwingen, diejenigen Puncte weggerechnet, an welchen er mit einem andern Körper verbunden iſt. Auf dieſe Art ſchwingt der Stab (Zeichnung 1.) und die Saite (Zeichnung 2.), von denen im §. 558 die Rede war. 2) Ein elaſtiſcher Körper kann auch in aliquote Theile ſich theilen, welche in entgegengeſetzten Richtungen ſchwingen, ſo daß zwiſchen ihnen ruhende Stellen entſtehen, welche man Schwingungsknoten zu nennen pflegt.

So z. B. kann (Zeichnung 3.) die Saite ab ſo ſchwingen, daß ſie abwechſelnd in die Lage aedfcgb und ahdickb kömmt. Die Puncte c und d ſind hier die Schwingungsknoten. 3) Es können in einem und demſelben Körper mehrere Arten von Schwingungen zu gleicher Zeit Statt finden, ohne daß die eine die andere verhindere. Man ſieht dergleichen Schwingungen an einem Stabe von bedeutender Länge, der an dem einen Ende irgendwo feſt gemacht iſt, und den man an verſchiedenen Stellen zugleich krümmt und nachher ſchnell losläßt. Es oſcillirt nicht nur der ganze Stab, es krümmen ſich oſcillirend auch mehrere ſeiner Theile. — Selbſt ein mittelſt der Schwere ſchwingender Körper kann dieſe Erſcheinung geben. So z. B., wenn man eine lange Kette oder Schnur als Pendel ſchwingen läßt: ſo ſchwingt ſie als ganzer Körper, allein einzelne Theile davon machen wieder eigenthümliche Schwingungen. 4) Die Schwingungsbewegung kann auch mit einer andern Bewegung bey einem und demſelben Körper zugleich Statt finden. So z. B. kann ein oſcillirender Stab zugleich im Kreiſe bewegt werden, u. d. m.

Übrigens ſind die Schwingungen eines Körpers, mag er als ein Ganzes ſchwingen oder ſich in aliquote Theile theilen, offenbar verbunden mit Oſcillationen der kleinſten Theilchen desſelben. Man war ſchon in früheren Zeiten der Meinung, daß die Erzitterungen der kleinſten Theilchen die eigentliche Urſache des Schalles ſind. In unſerer Zeit iſt vorzüglich Pelliſov der Meinung, daß dieſe Molecularoſcillationen es ſind, die den Schall erregen und ſeine Modificationen beſtimmen. (S. Pogg. Ann. XIX.)

### Vom Schalle im Allgemeinen.

§. 561. Ein ſchwingender Stab, wie der im §. 558, wenn er hinlänglich lang iſt, ſchwingt ſo langſam, daß man ſeine Schwingungen noch zählen kann. Dieſe Schwingungen ſind nicht hörbar. Man verkürze ihn, indem man ihn immer tiefer einſpannt; er wird immer ſchneller ſchwingen, und ſeine Bewegung wird endlich anfangen hörbar zu ſeyn. Man ſieht an dieſen und ähnlichen Verſuchen, daß eine hinlänglich ſchnelle

Schwingungsbewegung auf das Gehör zu wirken im Stande iſt.

Wie ſchnell aber dieſe Bewegung ſeyn müſſe, kann mit Genauigkeit nur für einzelne Menſchen beſtimmt werden. Dennoch läßt ſich annehmen, daß im Allgemeinen nahe an dreyßig bis einige dreyßig Schwingungen für eine Secunde erfordert werden, um hörbar zu ſeyn; gewöhnlich nimmt man deren 32 an. Wie man zu dieſem Reſultate durch Beobachtung eines Stabes gelange, den man, auf die eben angegebene Weiſe allmählich immer mehr verkürzt, wird ſpäter gezeigt werden.

Auch läßt ſich zu demſelben Zwecke ein unter dem Nahmen Sirene bekannter Apparat benützen, von welchem gleichfalls ſpäter wird geſprochen werden.

Wird die Geſchwindigkeit der Schwingungen allzu groß: ſo hören ſie auf hörbar zu ſeyn. Chladni nimmt als die größte Anzahl hörbarer Schwingungen für eine Secunde = 12000 an. Biot = 8000, Young bis gegen 20000, Savart bis auf 48000. Der letztere brachte zum Behufe dieſer Unterſuchung Töne hervor mittelſt gezähnter Räder, deren Zähne gegen einen dünnen Körper (z. B. gegen eine Karte, oder ein zugeſchärftes Blatt vom dünnem Holze) ſtießen; oder auch gegen einen ſcharfen Luftſtrom, welcher aus einer feinen Röhre rechtwinkelig mit der Ebene des Rades gegen deſſen Zähne gerichtet wurde. Aus der bekannten Anzahl der Zähne und der Geſchwindigkeit der Drehung ließ ſich die Zahl der Stöße für eine Secunde beſtimmen. Er fand ſie hörbar noch bey 24000 Stößen, mithin bey 48000 einfachen Schwingungen. Jeden Schlag rechnet er als eine Doppelſchwingung. Das mittlere der von ihm gebrauchten Räder hatte 400 Zähne.

§. 562. Das Hörbare an den Körpern bezeichnen wir mit dem Worte Schall; die ihn bewirkenden Körper nennen wir die ſchallenden. Iſt bey einem Schalle einige (wenn auch noch ſo kurze) Dauer bemerkbar, und wird er, während der Zeit dieſer Dauer, als etwas Gleichartiges empfunden, ſo nennt man ihn Klang. Iſt dieſes nicht der Fall, ſo heißt er Geräuſch. Mit demſelben Nahmen bezeichnet man auch wohl alles ſchallende Durcheinander, wenn auch jeder einzelne Schall davon ein Klang genannt zu werden verdiente. Sowohl der Klang, als das Geräuſch kann übrigens äußerſt mannigfaltig ſeyn; ſo iſt z. B. der Klang einer Glocke von dem

einer Geige, einer Flöte u. d. m. ſpecifiſch verſchieden. Daher auch die Sprache ſo reich iſt an Ausdrücken, die erwähnte wunderbare Mannigfaltigkeit zu bezeichnen.

Einige Beyſpiele von Bezeichnungen der unzähligen Verſchiedenheiten des Hörbaren: das Brauſen, Klappern, Knarren, Kniſtern, Schnarren, Raſſeln, Klirren, Rollen, Klatſchen, Knirſchen, Pochen, Plätſchern, Rieſeln, Rauſchen, Sauſen, Säuſeln, Pfeifen, Ziſchen, Donnern, Knallen, Krachen, Schmettern, Murren, Brummen, Blöcken, Wiehern, Girren, Zwitſchern, Krähen, Schnattern ꝛc.

§. 563. Wir vergleichen einen Klang mit dem andern nicht bloß rückſichtlich der eben erwähnten Verſchiedenheit, in welcher das Qualitative des Schalles beſteht, ſondern auch in Beziehung auf Stärke und Schwäche, endlich auch oft in derjenigen Beziehung, in welcher wir den einen den höheren, den andern den tieferen nennen. In ſo fern Klänge auf die letztere Weiſe mit einander verglichen werden, heißen ſie Töne. Eine Reihe von Tönen, die nach irgend einem beſtimmten Zeitmaße auf einander folgen, erhält den Nahmen Melodie. Zwey oder mehrere Töne, die, zugleich gehört, eine angenehme Empfindung bewirken, heißen conſonirende, widrigenfalls diſſonirende. — Ein ſchickliches Zugleichſeyn mehrerer Töne heißt ein Accord. Eine Folge von Accorden wird Harmonie genannt.

Wir werden uns in der Folge überzeugen, daß die Tonhöhe von der Geſchwindigkeit der Schwingungen abhängt; die Stärke aber theils von der Größe der ſchwingenden Maſſe, theils von der Größe der Schwingungen, theils von ihrer Geſchwindigkeit. Die Stärke des Schalles mithin gehört, eben ſo wie die Tonhöhe, zu dem Quantitativen desſelben.

§. 564. Um alle bey dem Schalle Statt findenden Vorgänge gehörig geſondert zu betrachten, ſind folgende Fragen zu beantworten: A. Welche ſind die Schwingungsgeſetze der urſprünglich ſchallenden Körper? B. Wie wird die Bewegung des urſprünglich ſchwingenden Körpers den mit ihm in Verbindung

ſtehenden mitgetheilt, und mithin der Schall theils fortgeleitet, theils auch manchmahl zugleich verſtärkt? C. Was geht in dem Gehörwerkzeuge ſelbſt vor? — Die Lehre vom Schalle heißt Akuſtik. —

Um die Lehre vom Schalle hat ſich Herr D. E. F. F. Chladni durch mehrere ſehr ſchöne Entdeckungen ſowohl, als durch ſeine in der kurzen Anzeige der vorzüglichſten phyſikaliſchen Schriften erwähnten Werke ein bleibendes Verdienſt erworben. Unter diejenigen Phyſiker, denen wir ebenfalls ſchätzbare Unterſuchungen (theils theoretiſche, theils experimentelle) über die klingenden Körper zu danken haben, gehören vorzüglich Euler, Lambert, Johann und Daniel Bernoulli, La Grange, D'Alembert, G. Riccati, Taylor, M. Young, Biot, Savart, die Gebrüder Weber, Cauchy, Poiſſon u. a. m.

## A. Von den Schwingungen der urſprünglich klingenden Körper.

§. 565. Unelaſtiſche Körper ſind des Schalles nicht fähig; denn nur die Oſcillation durch Elaſticität kann mit der hierzu erforderlichen Geſchwindigkeit vor ſich gehen. Da es nun keinen vollkommen unelaſtiſchen Körper gibt, ſo gibt es auch keinen, der nicht irgend einen, wenn auch unbedeutenden, Schall hervorbringen könnte. Zur Bewirkung eines Klanges aber wird ſchon eine bedeutendere Elaſticität erfordert. — Herr Chladni theilt alle klingenden Körper in drey Claſſen. Wir wollen uns eben derſelben Eintheilung bedienen. Sie iſt folgende:

I. Claſſe. Feſte Körper, welche ihre bedeutendere Elaſticität der Spannung zu danken haben. Dergleichen ſind 1) fadenförmige, oder ſolche, bey denen eine Dimenſion die vorherrſchende iſt; man nennet ſie geſpannte Saiten. 2) Membranenförmige, d. i. ſolche, welche zwey Hauptdimenſionen haben (geſpannte Membranen, wie z. B. eine Trommel). II. Claſſe. Feſte, für ſich durch ihre innere Steifigkeit hinlänglich elaſtiſche Körper: 1) Fadenförmige oder Körper mit einer vorherrſchenden Dimenſion. Sie heißen Stäbe, wie z. B. ein hinlänglich dicker Metalldraht, eine Glasröhre, ein ſchmaler Glasſtreifen u. d. m. Die Stäbe

können wieder gerade oder auf verſchiedene Weiſe gebogen ſeyn. Zu den letztern gehören die Gabeln, die Ringe u. d. m. 2) Membranenförmige Körper, oder ſolche, welche zwey Hauptdimenſionen haben. Sie können wieder entweder eben oder krummflächig ſeyn. Die erſtern nennt man Scheiben, zu den zweyten gehören die Glocken und allerhand gefäßartige Körper. III. Claſſe. Ausdehnſame Flüſſigkeiten, oder durch Druck elaſtiſche Materien, z. B. die Luft, welche nicht nur ein gutes Fortpflanzungsmittel für den Schall iſt, ſondern in vielen Fällen der ſchallende Körper ſelbſt.

Auch die tropfbaren Flüſſigkeiten, z. B. das Waſſer, können einen Schall verurſachen. Es iſt indeſſen nicht hinlänglich bekannt, wie ſie bey Hervorbringung desſelben wirken. Offenbar iſt bey dem Schalle, den das bewegte Waſſer bewirkt, die Luft vorzüglich mitwirkend, wie z. B. bey einem Waſſerfalle, bey dem Brauſen großer Wellen u. d. m.

### Schwingungen geſpannter Saiten.

§. 566. Bey Saiten haben ſowohl transverſale, als longitudinale Schwingungen Statt. —

§. 567. In transverſale Schwingungsbewegung läßt ſich die Saite auf verſchiedene Weiſe bringen, nähmlich: durch Zupfen (Anziehen und plötzliches Nachlaſſen) derſelben; durch Daranſchlagen (wie beym Clavier geſchieht); durch Streichen mit einem Violinbogen (hier wird ſie ebenfalls angezogen, doch wird dieſes während eines Striches unzählige Mahle wiederhohlt, die Adhäſion des Harzes iſt hier die haltende Kraft); endlich durch das Blaſen (wie man es an der Äolsharfe ſieht).

§. 568. Bey Transverſalſchwingungen ſchwingt manchmahl die Saite als ein Ganzes. An derley Schwingungen zweifelt Niemand. Wie die Bewegung ſelbſt durch Elaſticität bewirkt werde, haben wir im §. 558 erläutert. Sie theilt ſich aber zuweilen auch in mehrere gleiche Theile, welche nach entgegengeſetzten

Richtungen ſchwingen (§. 560.). Daß dieſes wirklich Statt habe, kann man durch folgenden Verſuch ſichtbar machen. Man hat dazu eine über einen ſchmalen Reſonanzboden geſpannte Saite nöthig. Der Apparat heißt Monochord. So eine Saite a b (Zeichn. 4.) theile man mittelſt eines in c untergeſtellten Steges oder ſogenannteu Sattels in zwey ungleiche Theile a c und b c, welche ſich zu einander verhalten wie 2 : 1. Auf den längeren Theil a c lege man kleine, beynahe unter einem rechten Winkel gebogene Papierſchnitzelchen, und ſtreiche dann den kürzern Theil mit einem Violinbogen. Er wird einen Klang von ſich geben; und zu gleicher Zeit werden die Papierſchnitzelchen von dem längern Theile abgeworfen, eines ausgenommen, welches nähmlich auf den Punct d gelegt worden iſt. Daraus läßt ſich nun folgern: 1) daß auch der Theil a c in Bewegung war; 2) daß der Punct d dieſes Theiles in Ruhe, oder wenigſtens in viel kleinerer Bewegung müſſe geweſen ſeyn, als alle übrigen Puncte. Dieſes aber iſt nur möglich, wenn der Theil a c ſich ſelbſt in zwey gleiche Theile getheilt hat, die dann ſo ſchwangen, daß die Saite abwechſelnd die Lagen a e d f c g b und a h d i c k b (Zeichn. 3.) angenommen hat. Denn hätte der Theil a c als ein Ganzes geſchwungen: ſo hätte der Punct d nicht nur nicht ruhig bleiben können, ſondern er hätte vielmehr unter allen Puncten den größten Abſtand erreicht. Dieſer Punct d heißt (nach §. 560.) ein Schwingungsknoten. — Statt des Sattels bey dem beſchriebenen Verſuche ſich zu bedienen, kann man die Stelle c, wo ein Schwingungsknoten ſeyn ſoll, auch durch Berührung mit einem Finger dämpfen. Theilt man die Saite in zwey Theile, die ſich verhalten, wie 1 : 3, ſo hat der Theil a c zwey Schwingungsknoten; die Saite ſchwingt nähmlich, wie es die Zeichnung 5. ſichtbar macht. Es können, wie man ſieht, durch eine Theilung wie 1 zu 4, 1 zu 5 ꝛc., drey, vier und mehrere Schwingungsknoten entſtehen; nur wird der Verſuch dann immer ſchwerer gelingen, weil die ſchwingenden Theile nun immer kleiner, ihre Schwingungen eben darum unbedeutender werden, mithin der Unterſchied der Ausbeugungen der eigentlich ſchwingenden Puncte, und der zwiſchen

ihnen liegenden ebenfalls etwas bewegten Knoten, weniger auffallend ausfallen muß. —

Die ſogenannten Flageolettöne oder Vogeltöne werden ebenfalls dadurch erhalten, daß man die Saite einer Violine oder eines Violoncells, nachdem man ſie durch das gewöhnliche Greifen mit dem Daumen abgekürzt hat, mit einem andern Finger an irgend einem Schwingungsknoten gelinde berührt. — Hierher gehört auch der Ton der Meertrompete.

Aus ſolchen theilweiſen Transverſalſchwingungen ſuchet man ferner die Erſcheinungen der Äolsharfe oder Windharfe zu erklären. Es iſt dieſes ein Apparat, welcher aus mehreren Saiten beſteht, die über einen Reſonanzboden geſpannt, und zu derſelben Tonhöhe geſtimmt ſind. In einen Luftzug geſtellt, geben dieſe Saiten ſehr mannigfaltige, ſtarke und ſchwache, bald wachſende, bald verhallende Töne. Je nachdem ſie nähmlich durch die ſtrömende Luft getroffen wird, theilt ſich eine und dieſelbe Saite in eine bald kleinere, bald größere Anzahl ſchwingender Theile. Daher die wunderbare Mannigfaltigkeit der Erſcheinungen, wie aus den folgenden Lehren über die Tonhöhen erhellen wird. Pellisov glaubt indeſſen, dieſe Töne ſeyen aus ſeiner oben (§. 560, Zuſatz) erwähnten Anſicht erklärbar. Er gibt auch ein Verfahren an, auf einer Violinſaite bloß durch verſchiedenes Streichen verſchiedene Töne hervorzubringen. Der Bogen muß, nach ſeiner Angabe, dicht am Stege einer etwa 2 Schuh langen, $^1/_3$ Lin. dicken, ins g geſtimmten Saite äußerſt leicht geſtrichen werden. Sobald der Grundton auch nur mitgehört wird, iſt der Druck ſchon zu ſtark. Der Ton hängt ab von der Schnelligkeit und Stärke der Striche, welcher auch bey ſehr ſchwachem Drucke noch verſchieden ſeyn kann. (Pogg. Ann. XIX.) Man hat an langen geſpannten Eiſendrähten beobachtet, daß ſie auch, beſonders bey Veränderung des Wetters, mancherley Töne hören ließen. Zum Theil mögen auch dieſe Drähte transverſal oſcillirt haben; wahrſcheinlich aber waren manche Töne Folgen von Longitudinalſchwingungen, oder durch Wärme und Kälte verurſachter Ausdehnungen und Zuſammenziehungen, welche beym Eiſen einigermaßen ſtoßweiſe geſchehen, und unter andern auch an eiſernen Ofenplatten beym Einheitzen durch ein Kniſtern ſich zu erkennen geben.

## Die phyſiſchen Gründe der Muſik, oder das Wichtigſte über die Töne, ihre Verhältniſſe und den phyſiſchen Grund derſelben, entwickelt aus Erfahrungen über die Transverſalſchwingungen geſpannter Saiten.

§. 569. Ob ein Ton höher oder tiefer werde, hängt bey allen klingenden Körpern von der Geſchwindigkeit der Schwingungen ab, wie im Folgenden wird gezeigt werden. Daß wir hier die Saiten, und an dieſen die Transverſalſchwingungen gewählt haben, um die Lehre von den Tönen darauf zu gründen, geſchieht bloß aus der Urſache, weil ſich Alles hieher Gehörige aus den Geſetzen der genannten Schwingungen ſehr bequem entwickeln läßt.

Die Lehre von den Tonhöhen iſt eigentlich eine mathematiſche. Wir ſchalten ſie hier gelegenheitlich ein, um ſie auf phyſikaliſche Weiſe aus Erfahrungen abzuleiten. Sie dient übrigens (auch ganz ohne Rückſicht auf Muſik) dem Phyſiker zu einer Menge von Beſtimmungen über die Schwingungsbewegungen; und iſt in dieſer Beziehung unentbehrlich. Überdieß iſt ſie mittelbar auch anderer Anwendung fähig, z. B. zur Beſtimmung mancher Eigenſchaften der Körper, als: ihrer Zuſammendrückbarkeit, Ausdehnbarkeit, Elaſticität ꝛc.

§. 570. Zwey Grunderfahrungen. I. Man bringe eine geſpannte, nicht zu dünne Schnur zum Schwingen, welche ſo lang iſt, daß man ihre Schwingungen zählen kann. Man zähle die Schwingungen, welche ſie in einer beſtimmten Zeit, z. B. in einer Secunde macht. Man verkürze die Schnur um die Hälfte, und man wird die Zahl der Schwingungen, die ſie in derſelben Zeit vollbringt, doppelt ſo groß finden. Man nehme das Drittel der Schnur, und ſie wird während der beſtimmten Zeit drey Mahl ſo viel Schwingungen vollbringen ꝛc. Überhaupt wird ſich die Schwingungszahl umgekehrt verhalten, wie die Länge der Schnur. So lange man die Schwingungen zählen kann, ſind ſie nicht hörbar (§ 561.). Indeſſen kann keinem Zweifel unterworfen ſeyn, daß eine tönende Saite denſelben Geſetzen gehorche. Mithin wird die Schwingungszahl

auch bey der tönenden Saite doppelt ſo groß ſeyn, wenn die Saite um die Hälfte verkürzt wird ꝛc. Wir können daher dieſen Satz allgemein ausſprechen: die Schwingungszahlen ſchwingender Saiten verhalten ſich umgekehrt wie die Saitenlängen.

II. Eine zweyte Beobachtung lehrt ferner, daß eine klingende Saite, die bey unveränderter Spannung iſt verkürzt worden, einen höhern Ton gibt, als zuvor. Wird ſie gerade um die Hälfte verkürzt: ſo gibt ſie denjenigen Ton an, den man in Beziehung auf den erſten die Octave nennt. Der erſte heißt dann der Grundton.

Die Octave iſt demnach, phyſikaliſch betrachtet, derjenige Ton, bey dem die Geſchwindigkeit gerade doppelt ſo groß iſt, als bey dem Grundtone, oder, was dasſelbe iſt, bey welchem in derſelben Zeit doppelt ſo viel Schwingungen, als bey dem Grundtone Statt finden. Wächſt zwar die Geſchwindigkeit, doch ſo, daß ſie nicht doppelt ſo groß wird: ſo entſtehen andere, höhere Töne, welche zwiſchen den Grundton und die Octave fallen und eigene Nahmen erhalten. — —

Ließe ſich an einer Saite die Beobachtung der Menge der noch ſichtbaren Schwingungen während einer gewiſſen Zeit, z. B. während einer Secunde, mit vollkommener Schärfe machen: ſo ließe ſich daraus für jeden Ton auch genau die Schwingungszahl angeben. Dieſes iſt aber nicht leicht der Fall. Beſſer dienen dazu die ſchwingenden Stäbe, wie bey der Betrachtung derſelben wird gezeigt werden. — Cagniard-Latour hat ſich zu dieſem Behufe einen eigenen, bereits (§. 561, Zuſ.) erwähnten, in der Zeichnung 6. angedeuteten Apparat, den er Sirene nennt, ausgedacht. Er gründet ſich darauf, daß ein Ton entſteht, wenn eine Vibration in gleichen Zeiträumen wiederkehrt, wenn demnach ein Luftſtrom nach regelmäßigen Unterbrechungen irgendwo hervordringt. Es beſteht der erwähnte Apparat aus einem Rohr, welches ſich erweiternd von einer mit feinen Spalten verſehenen Platte verſchloſſen wird. Über dieſer Platte läßt ſich mittelſt einer Kurbel eine ebenfalls mit gleichweit von einander abſtehenden Spalten verſehene Scheibe drehen. Ein in dem Rohre bewirkter und hervordringender Luftſtrom wird durch die Drehung der Scheibe gleichmäßig unterbrochen, deſto öfter, je ſchneller die Drehung geſchieht. Geſetzt, der Umfang der Scheibe

habe 64 Löcher, und werde in einer Secunde ein Mahl herumgedreht, ſo wird der Luftſtrom 64 Mahl, durch eine doppelt ſo ſchnelle Drehung 128 Mahl unterbrochen. Im erſten, wie im zweyten Falle entſteht ein Ton, der zweyte iſt die Octave des erſten. Beym tiefſten Tone kommt auf zwey Secunden eine Drehung.

Bequemer noch zu demſelben Behufe iſt das oben (§. 561.) erwähnte gezahnte Rad von Savart.

§. 571. Die Zahl der Schwingungen, welche bey der Hervorbringung irgend eines Tones in derſelben Zeit geſchehen, während welcher der Grundton eine Schwingung macht, heißt der Zahlenwerth des Tones. So iſt z. B. der Zahlenwerth der Octave = 2. Man ſieht, daß die Zahlenwerthe ſich verhalten müſſen, wie umgekehrt die Saitenlängen.

§. 572. Der Ton, welcher die Octave genannt wird, erhielt ſeinen Nahmen, weil zwiſchen ihm und dem Grundtone noch ſechs Töne Statt finden, welche, wenn man ſie, vom Grundtone an bis zur Octave, nach einander hört, unſerm Gehöre eine gewiſſe Befriedigung geben, und bey deren Anhörung das Gefühl des Grundtones nicht verloren geht; man nennt ſie Haupttöne. Zwiſchen ihnen laſſen ſich auch noch andere Töne unterſcheiden. Jeder derſelben hat einen beſtimmten Zahlenwerth; dieſer läßt ſich mittelſt des Gehörs und eines Verſuches finden. Der Verſuch beſteht darin, daß man eine geſpannte Saite mittelſt eines beweglichen Steges ſo lange verkürzt, bis ſie den verlangten Ton gibt, und dann ihre jetzige Länge mit der vorigen vergleicht. Der dazu dienliche Apparat iſt das ſchon oben (§. 568.) erwähnte Monochord. Es bekommt, zu dieſem Zwecke angewendet, den Nahmen Tonmeſſer, und wird, wie von ſelbſt einleuchtet, mit einer Skale verſehen, welche ſich unter der Saite befindet, der Länge derſelben gleich und möglichſt genau eingetheilt ſeyn muß.

Zu ſehr genauen Verſuchen iſt es beſſer, ſich eines vertical geſtellten Monochordes zu bedienen, weil die horizontale Saite durch ihr eigenes Gewicht eine Krümmung erhalten kann. Sie wird an dem verticalen Apparate durch ein angehängtes Gewicht geſpannt.

§. 573. Die Nahmen der erwähnten Haupttöne ſind: der Grundton, die Secunde, die Terz, die Quarte, die Quinte, die Sexte, die Septime, die Octave. Wenn man die Octave wieder als Grundton nimmt, ſo hat ſie ebenfalls ihre Secunde, Terz ꝛc. Überdieß werden dieſe Töne von den Tonkünſtlern auch durch Buchſtaben bezeichnet, ſo daß, wenn der Grundton C heißt, die Nahmen der übrigen folgende ſind; C, D, E, F, G, A, H, c, d, e, f ꝛc.

Die Zahlenwerthe der genannten Haupttöne ſind folgende:

C, D, E, F, G, A, H, c;

1, $\frac{9}{8}$, $\frac{5}{4}$, $\frac{4}{3}$, $\frac{3}{2}$, $\frac{5}{3}$, $\frac{15}{8}$, 2;

oder, in ganzen Zahlen ausgedrückt:

C, D, E, F, G, A, H, c.

24, 27, 30, 32, 36, 40, 45, 48.

d. h., während C vier und zwanzig Schwingungen macht, macht D ſieben und zwanzig, E dreißig ꝛc. Die Saitenlängen auf dem Monochorde verhalten ſich aber ſo:

C, D, E, F, G, A, H, c.

1, $\frac{8}{9}$, $\frac{4}{5}$, $\frac{3}{4}$, $\frac{2}{3}$, $\frac{3}{5}$, $\frac{8}{15}$, $\frac{1}{2}$.

Man ſieht, daß dieſe Brüche, umgekehrt, die Reihe der Zahlenwerthe: 1, $\frac{9}{8}$ u. ſ. w. angeben. Man benennt die Töne derſelben Octave auch (beſonders in Italien) mit den Sylben ut (oder do), re, mi, fa, sol, la, si, ut.

Eine Reihe von Tönen, wie die eben angegebene, durch welche von dem Grundtone an bis zur Octave fortgeſchritten wird, ohne daß das Gefühl des Grundtones verloren werde, nennt man eine Tonleiter. — Wenn man dieſe Reihe von A anfängt und durch H, c, d ꝛc. fortſchreitet: ſo erhält man ebenfalls eine brauchbare, von jener erſten nur etwas verſchiedene Tonleiter; ſie heißt die weiche, ſo wie jene die harte. Beyde aber nennet man die Tonleiter des diatoniſchen Tonſyſtems. Wir wollen zuerſt von der harten Tonleiter ſprechen, dann von der weichen, endlich beyde mit einander vergleichen und einige Folgerungen daraus ziehen.

Harte Tonleiter. Wenn man die Verhältniſſe der Zahlenwerthe der Töne dieſer Tonleiter mit einander vergleicht: ſo findet man folgende. Es verhält ſich

$C : D = 1 : \frac{9}{8} = 8 : 9$, $D : E = \frac{9}{8} : \frac{5}{4} = 9 : 10$,
$E : F = \frac{5}{4} : \frac{4}{3} = 15 : 16$, $E : G = \frac{4}{3} : \frac{3}{2} = 8 : 9$,
$G : A = \frac{3}{2} : \frac{5}{3} = 9 : 10$, $A : H = \frac{5}{3} : \frac{15}{8} = 8 : 9$,
$H : c = \frac{15}{8} : 2 = 15 : 16$. —

Ein jedes ſolche Verhältniß nennt man ein **Intervall**. Man ſieht, es gibt unter den eben betrachteten Intervallen der diatoniſchen Tonleiter nur **drey** verſchiedene, nähmlich: 8 : 9, 9 : 10 und 15 : 16. Das erſte nennt man das Intervall eines **großen ganzen Tones**, das zweyte das eines **kleinen ganzen Tones**, das dritte das eines **großen halben Tones**. — Man kann übrigens dieſe dreyerley Intervalle auch mit einander vergleichen und kommt ſo auf zwey neue. Vergleicht man nähmlich den Ausdruck für den großen halben Ton mit dem für den kl. ganzen Ton, ſo hat man die Proportion $^{16}/_{15} : {}^{10}/_{9} = 144 : 150 = 24 : 25$. Sind nähmlich zwey Töne ſo von einander unterſchieden, daß, während der erſte 24 Schwingungen erfordert, der zweyte deren 25 nöthig hat: ſo iſt ihr Intervall 24 : 25, und wird der erſte durch 1 ausgedrückt, ſo iſt der Zahlenwerth des zweyten $= {}^{25}/_{24}$. Man nennet es das Int. eines kleinen halben Tones, denn es iſt, wie man ſieht, kleiner als das = 15 : 16, und der dadurch bezeichnete Ton liegt **beynahe** genau zwiſchen zweyen, um das Intervall eines gr. g. Tones von einander verſchiedenen, z. B. zwiſchen C und D. Denn da die Zahlenwerthe dieſer Töne ſich verhalten, wie 8 : 9, ſo wird der Zahlenwerth des mittleren aus der Proportion $8 : x = x : 9$ gefunden. Mithin iſt $x^2 = 72$, alſo $x = 8, 48$. Und es verhält ſich 8 : 8, 4 = 8, 4 : 9 oder, alle durch 3 multiplicirt, 24 : 25, 2 = 25, 2 : 27. — — Dieſes Intervall 24 : 25 werden wir ſpäter brauchen. —— Auf dieſelbe Weiſe läßt ſich das Intervall des kl. ganzen Tones (9 : 10) mit dem des gr. ganzen (8 : 9) vergleichen. Es verhalten ſich nähmlich die Zahlenwerthe: $^{10}/_{9} : {}^{9}/_{8} = 80 : 81 = 1 : {}^{81}/_{80}$. Man nennt dieſes Intervall ein Komma. Um dieſes in einem Beyſpiele zu ſehen, können die Töne C und D dienen. Ihre Schwingungszahlen ſind = 8 : 9 = 72 : 81. Würde nun D nur 80 Schwingungen in derſelben Zeit machen, ſo wäre es um das Komma tiefer als es wirklich iſt, oder ein um das Komma tieferer Ton als D würde 80 Schwingungen für die Zeit erfordern, während welcher 81 bey D nöthig ſind.

**Nothwendigkeit mehrerer Intervalle, wenn jeder beliebige Ton zum Grundtone gemacht werden ſoll.** Sie ergibt ſich aus folgender Betrachtung. D iſt die Secunde von C; iſt aber, ganz in demſelben Sinne, E die Secunde von D, oder F die Secunde von E? Keineswegs. Man verſuche nur dieſe Verhältniſſe durch Zahlen auszudrücken. Es iſt offenbar keineswegs C : D = D : E = E : F u. ſ. w, denn es iſt ja nicht 8 : 9 = 9 : 10 = 15 : 16 u. ſ. w. Was von der Secunde gilt, gilt von der Terz,

Quart ꝛc. Wollte man nun ſtatt C einen andern Ton, z. B. D zum Grundtone nehmen, und in der harten Tonart bis d fortſchreiten: ſo wäre die Folge der Intervalle in der Reihe D, E, F ꝛc. keineswegs gleich der Folge der Intervalle in der Reihe C, D, E ꝛc. Um ſich davon zu überzeugen, braucht man nur dieſe beyden Reihen anzuſetzen, und die Intervalle darunter anzumerken.

Man nenne zu dem Ende das Intervall eines großen ganzen Tones T, das eines kleinen ganzen Tones t, das eines halben Tones s, ſo erhält man:

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| für die Töne | C | | D | | E | | F | | G | | A | | H | | c |
| die Intervalle | | T | | t | | s | | T | | t | | T | | s | |
| für die Töne | D | | E | | F | | G | | A | | H | | c | | d |
| die Intervalle | | t | | s | | T | | t | | T | | s | | T | |

Wenn man aber auch des Unterſchiedes zwiſchen dem Intervalle eines *großen* und eines *kleinen ganzen* Tones nicht achten, und beyde mit t bezeichnen wollte: ſelbſt dann iſt die Folge von Intervallen für die erſte Reihe, nähmlich: t, t, s, t, t, t, s, eine andere, als die für die zweyte Reihe, nähmlich: t, s, t, t, t, s, t. Daraus folgt nun, daß man, um jeden beliebigen Ton zum Grundtone zu machen, mit den ſieben Tönen der diatoniſchen Tonleiter nicht auslangt. —

Was nun den freyen Geſang betrifft, dieſer kann ſich Zwiſchentöne nach Belieben bilden, er kann demnach von jedem Tone aus (dieſen als Grundton betrachtet) die oben angegebene Reihe von Intervallen beginnen; er macht jeden Grundton *in dieſer Hinſicht* gewiſſermaßen zum C. — Dieß geht aber bey einem Inſtrumente mit bleibender Stimmung nicht an. Wie hilft man ſich hier? Man nimmt zwiſchen jedes Paar Töne, die das Intervall eines *ganzen* Tones haben, einen *Zwiſchenton*, den man als eine Erhöhung des tiefern, oder als eine Erniedrigung des höhern anſehen kann. Man benennt dieſen Zwiſchenton im erſten Falle von dem tiefern Tone durch Hinzufügung der Sylbe is (z. B. cis, dis ꝛc.); im zweyten Falle von dem höhern Nachbar durch Hinzufügung der Sylbe es (z. B. ces, des ꝛc.); nur ſagt man gewöhnlich b ſtatt hes, und as ſtatt aes. Die Erhöhungen pflegt man durch Doppelkreuzchen ♯, die Erniedrigungen durch ein b auszudrücken. So iſt z. B. ♯c = cis, und ♭d = des. — Wir nehmen hier cis und des einſtweilen für gleichbedeutend an, nähmlich als einen und denſelben Ton zwiſchen c und d, und eben ſo dis = es, fis = ges u. ſ. w. Sie

ſind es auch bey Inſtrumenten mit bleibender Stimmung, und in der (erſt ſpäter zu erörternden) gleichſchwebenden Temperatur; ſie ſind es aber nicht an und für ſich. Dieſe Unterſchiede weggedacht, erhält man für die harte Tonleiter folgende Reihe von Tönen: c, cis, d, dis, e, f, fis, g, gis, a, ais, h, c. Man nennt ſie auch die chromatiſche Tonleiter, und ſie enthält 12 Intervalle. Daß übrigens cis nicht vollkommen = des, erſieht man leicht, wenn man, um cis zu erhalten, den Zahlenwerth von c um einen kleinen halben Ton erhöht, und, um des zu erhalten, den Werth von d um eben ſo viel erniedrigt. So erhält man cis $= 1 \times {}^{25}/_{24} =$ 1,04, und des $= {}^{9}/_{8} \times {}^{24}/_{25} = {}^{216}/_{200} =$ 1,08; des iſt mithin etwas höher. Auf dieſelbe Weiſe findet man den Unterſchied von dis und es, von fis und ges u. ſ. w.

**Weiche Tonleiter.** Die Tönereihe derſelben, und ihre Zahlenwerthe ſind, wenn man A zum Grundtone macht, folgende, wie aus der oben angegebenen Tönereihe der harten Tonleiter von ſelbſt erhellet:

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Reihe der Töne | A, | H, | c, | d, | e, | f, | g, | a, |
| Ihre Zahlenwerthe | $^5/_3$ : | $^{15}/_8$ : | 2 : | $^9/_4$ : | $^5/_2$ : | $^8/_3$ : | 3 : | $^{10}/_3$, |
| (oder $^5/_3 = 1$ geſetzt) | 1 : | $^9/_8$ : | ($^6/_5$) : | $^{27}/_{20}$ : | $^3/_2$ : | ($^8/_5$) : | ($^9/_5$) : | 2, |
| (oder in ganzen Zahlen) | 40 : | 45 : | 48 : | 54 : | 60 : | 64 : | 72 : | 80. |
| (C als Grundton genommen) | C, | D, | Es, | F, | G, | As, | B, | c. |

**Vergleichung beyder Tonarten.** Sie ſind leicht zu vergleichen durch Untereinanderſetzung der Zahlenwerthe der Töne auf folgende Weiſe, wo I den Grundton bedeutet, II die Secunde u. ſ. w. H die harte, W die weiche Tonart u. ſ. w.

| | I. | II. | III. | IV. | V. | VI. | VII. | VIII. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| H. | 1 : | $^9/_8$ : | $^5/_4$ : | $^4/_3$ : | $^3/_2$ : | $^5/_3$ : | $^{15}/_8$ : | 2 |
| W. | 1 : | $^9/_8$ : | ($^6/_5$) : | $^{27}/_{20}$ : | $^3/_2$ : | ($^8/_5$) : | ($^9/_5$) : | 2. |

Man ſieht, daß die Zahlenwerthe von III, VI, VII bedeutend anders ſind bey W als bey H. Man nennet die Terz, Sext und Septime der harten Tonart die großen, die der weichen Tonart die kleinen. Sie ſind von einander unterſchieden um das Verhältniß $^{25}/_{24}$, wie man aus Folgendem deutlich erſieht. Es verhält ſich

die große Terz zur kleinen, wie $^5/_4 : {}^6/_5 = 25 : 24$;
die große Sext zur kleinen, wie $^5/_3 : {}^8/_5 = 25 : 24$;
die große Septime zur kleinen, wie $^{15}/_8 : {}^9/_5 = 75 : 72 = 25 : 24$;

d. h. während die große Terz 25 Schwingungen macht, macht die kleine 24; daſſelbe gilt von den Sexten und Septimen ꝛc. Dieſes Intervall iſt daſſelbe, welches wir früher (wo von den Intervallen

der harten Tonart die Rede war) das eines **kleinen halben Tones** genannt haben.

Auch IV. (die Quarte) iſt in der weichen Tonart von der in der harten unterſchieden, doch nur äußerſt wenig. Die Werthe von beyden verhalten ſich wie $27/20 : 4/3 = 81 : 80$. Dieſes ſehr kleinen Intervalls (Komma genannt) haben wir gleichfalls ſchon erwähnt.

**Überſicht aller innerhalb einer Octave enthaltenen gebräuchlichen Intervalle.** Sie ſind in folgender Tafel ſammt ihren Zahlenwerthen vorhanden.

| Ton. | Zahlenwerth. | | Ton. | Zahlenwerth. | |
|---|---|---|---|---|---|
| c | 1 | 1,00000 | ges | 36/25 | 1,44000 |
| cis | 25/24 | 1,04166 | g | 3/2 | 1,50000 |
| des | 27/25 | 1,08000 | gis | 25/16 | 1,56250 |
| d | 9/8 | 1,12500 | aes | 8/5 | 1,60000 |
| dis | 75/64 | 1,17187 | a | 5/3 | 1,66667 |
| es | 6/5 | 1,20000 | ais | 125/72 | 1,73611 |
| e | 5/4 | 1,25000 | hes | 9/5 | 1,80000 |
| eis | 125/96 | 1,30208 | h | 15/8 | 1,87500 |
| fes | 32/25 | 1,28000 | his | 125/64 | 1,95313 |
| f | 4/3 | 1,33333 | ces | 48/25 | 1,92000 |
| fis | 25/18 | 1,38889 | c | 2 | 2,00000 |

**Temperatur.** — Wir haben ſchon früher geſagt, daß die **zwölf Intervalle** zwiſchen den Tönen der chromatiſchen Tonleiter, obgleich ſie an und für ſich nicht gleich ſind, in der praktiſchen Muſik nun für gleich angenommen werden. Es frägt ſich, mit welchem Rechte? Denn allerdings erſcheinet die Gleichſetzung derſelben als etwas Willkührliches. Es iſt aber hier zwiſchen zweyen Übeln das kleinere zu wählen. Hat man nähmlich die Intervalle in Beziehung auf einen beſtimmten Grundton (z. B. auf c) **vollkommen rein**: ſo ſind ſie in Beziehung auf jeden andern Grundton mehr oder weniger merklich abweichend. Und dieſes iſt das **größere** Übel; denn man kann ſo, ungeachtet der eingeführten Zwiſchentöne, doch nicht jeden Ton füglich zum Grundtone machen. Dieſes geht aber an, wenn man die Unvollkommenheit ſchicklicher Weiſe **ſo vertheilt**, daß zwar die Stimmung der Töne in Beziehung auf **keinen** Grundton vollkommen **rein** iſt, allein eben **der Vertheilung** we-

gen *unmerklich* wird. Dieſes iſt das *kleinere* Übel. So eine Vertheilung vornehmen heißt den Tönen eine *Schwebung* geben, oder ſie *temperiren*. Iſt nun die Vertheilung gleichmäßig unter alle zwölf Töne (wie die oben erwähnte): ſo nennt man ſie die *gleichſchwebende Temperatur*. Iſt aber die Stimmung in Beziehung auf gewiſſe Töne (als Grundtöne) reiner als in Beziehung auf andere, die ſeltener zu Grundtönen genommen werden: ſo heißt ſie eine *ungleichſchwebende*. Auch Temperaturen von der letzteren Art haben ihre Vertheidiger gefunden. — —

Die Werthe der Töne der chromatiſchen Tonleiter (wo auch cis = des, fis = ges ꝛc. geſetzt wird) ſind nach der gleichſchwebenden Temperatur in folgender Tafel enthalten, deren letzte Spalte auch die Saitenlängen nach der ungleichſchwebenden Temperatur angibt.

| *Nahmen* der *Töne.* | Verhältniſſe der Schwingungszahlen nach der gleichſchwebenden Temperatur. | Verhältniſſe der Saitenlängen nach der gleichſchwebenden Temperatur. | Verhältniſſe der Saitenlängen nach *Kirnbergers* ungleichſchwebender Temperatur. |
|---|---|---|---|
| c = Grundton. | 1,00000 | 1,00000 | 1,0000 |
| cis = die kleine Secunde. | 1,05946 | 94387 | 0,9492 |
| d = die große Secunde. | 1,12246 | 89090 | 0,8888 |
| dis = die kleine Terz. | 1,18921 | 84090 | 0,8437 |
| e = die große Terz. | 1,25992 | 79370 | 0,8000 |
| f = die Quarte. | 1,33484 | 74915 | 0,7500 |
| fis = die falſche Quinte. | 1,41421 | 70710 | 0,7111 |
| g = die Quinte. | 1,49831 | 66742 | 0,6666 |
| gis = die kleine Sexte. | 1,58740 | 62996 | 0,6328 |
| a = die große Sexte. | 1,68179 | 59461 | 0,5963 |
| b = die kleine Septime. | 1,78180 | 56123 | 0,5625 |
| h = die große Septime. | 1,88775 | 52973 | 0,5333 |
| c = die Octave. | 2,00000 | 50000 | 0,5000 |

Jedes einzelne Intervall iſt = $\sqrt[12]{2}$ = 1,05946.

Wir wollen gelegenheitlich auch einige Worte über die Auffindung des Zahlenwerthes eines jeden Tones durch Rechnung und das Stimmen eines Inſtrumentes (z. B. eines Claviers) hier beifügen. Die 12 Stufen laſſen ſich am füglichſten durch einen Zirkel von Quinten oder Quarten beſtimmen. Man kann ſich indeſſen auch der Terzen (der großen und kleinen) zu demſelben Zwecke bedienen. Wir wollen der Kürze wegen hier nur zeigen, daß ein Zirkel von 12 Quinten alle Töne enthalte, nähmlich c : g, g : d, d : a, a : e, e : h, h : fis, fis : cis, cis : gis, gis : dis (oder es), es : b, b : f, f : $\bar{c}$. — Es ſoll nur noch Zweyerley gezeigt werden: I. Wie durch eine leichte Rechnung der Werth eines jeden Tones nach Quinten ſich beſtimmen laſſe, II. daß dieſe Beſtimmung nach vollkommenen Quinten ausgeführt, ſich von der Reinheit entferne, und daß mithin bey der Stimmung eine Abweichung nöthig werde. Um kurz zu ſeyn, wollen wir außer dem Verhältniß des Grundtons zur Quinte auch das zur Quarte als ein einfaches bekannt vorausſetzen, und die übrigen Verhältniſſe ſuchen, und zwar mit Hülfe folgender Proportionen:

| I. | III. |
|---|---|
| $C : G = 2 : 3 = 1 : \frac{3}{2}$ | $C : A = 16 : 27 = 1 : \frac{27}{16}$ |
| $G : d = 2 : 3 = 1 : \frac{3}{2}$ | $A : e = 2 : 3 = 1 : \frac{3}{2}$ |
| $d : D = 2 : 1 = 1 : \frac{1}{2}$ | $e : E = 2 : 1 = 1 : \frac{1}{2}$ |
| $C : D = 8 : 9 = 1 : \frac{9}{8}$. | $C : E = 64 : 88 = 1 : \frac{88}{64}$. |
| **II.** | **IV.** |
| $C : D = 8 : 9 = 1 : \frac{9}{8}$ | $C : E = 64 : 88 = 1 : \frac{88}{64}$ |
| $D : A = 2 : 3 = 1 : \frac{3}{2}$ | $E : H = 2 : 3 = 1 : \frac{3}{2}$ |
| $C : A = 16 : 27 = 1 : \frac{27}{16}$. | $C : H = 128 : 264 = 1 : \frac{264}{128}$. |

Mithin wäre der Werth von D $= \frac{9}{8}$; von A $= \frac{27}{16}$, nahe $= \frac{5}{3}$; von E $= \frac{88}{64}$ nahe $= \frac{5}{4}$, von H $= \frac{264}{128}$ nahe $= \frac{15}{8}$; und ſo wären die Werthe der 8 Haupttöne beſtimmt. Durch unſere Rechnung ſind aber eigentlich nur beſtimmt worden die Werthe von D, E, A, H; denn G iſt durch das Verhältniß von 1 : $\frac{3}{2}$ ohnedieß beſtimmt; und das Verhältniß C : c, iſt als ein nothwendiges, und das C : F als ein leichtes für bekannt genommen worden. Durch die Fortſetzung der Rechnung würden wir aber auf alle 13 Töne der chromatiſchen Tonleiter, mithin auch auf F, und endlich auch auf c kommen; nur würden etwas andere Werthe, ſelbſt für c ein anderer ſich ergeben, als der = 2, welcher doch nothwendig Statt finden ſoll. — Davon ſoll der Grund einleuchtend werden. Er ergibt ſich aus der nächſten Betrachtung II. Man ſieht nähmlich, daß ſchon bey dem Tone A (mithin ſchon nach 3 Quinten) der Werth $\frac{27}{16}$ von dem wahren Werthe $\frac{5}{3}$ etwas abweicht. Woher das komme, iſt leicht abzuſehen, wenn man

bedenkt, daß die Quinte C : G zwar gleich ſey der Quinte G : D, aber nicht ganz gleich der Quinte D : A; denn in der erſten Quinte liegen die Töne T, t, s, T, in der zweyten t, T, s, T, nähmlich 2 große ganze Töne, ein kleiner ganzer Ton, ein großer halber Ton; in der dritten Quinte dagegen t, s, T, t, mithin ſtatt des einen großen ein kleiner ganzer Ton. Der große ganze Ton aber iſt von dem kleinen ganzen Tone unterſchieden um das Komma $^{81}/_{80}$, und eben ſo verhält ſich auch $^{27}/_{16} : {^5}/_3 = 81 : 80$. — Daß ſich dieſer Fehler deſto mehr anhäufen müſſe, je weiter man in reinen Quinten fortſchreitet, erhellt von ſelbſt. Nach Vollendung des Zirkels von 12 Quinten erhält man für c (die Octave von C) ſtatt des Werthes = 2, den = 2,027, mithin bey 2000 Schwingungen um 27 derſelben zu viel.

Man nimmt demnach bey der Stimmung nach Quinten auch die Quarten und großen Terzen zu Hülfe, ſtimmt übrigens jede Quinte etwas (doch kaum merklich) abwärts, jede gr. Terz kaum merklich aufwärts; ſo nähert man ſich möglichſt der gleichſchwebenden Temperatur. Daß die Octave eines jeden Tones vollkommen rein ſeyn müſſe, verſteht ſich von ſelbſt. — Der Werth einer Quinte bey der gleichſchwebenden Temperatur, iſt (ſiehe Tafel 2.) = 1,49831. Der Werth der r e i n e n Quinte dagegen $= {^3}/_2 = 1,50000$ (ſiehe Tafel 1.), mithin der Unterſchied = 0,00169.

§. 574. **C o n ſ o n a n z u n d D i ſ ſ o n a n z e i g e n s b e t r a c h t e t.** Was man unter conſonirenden und diſſonirenden Tönen verſtehe, iſt bereits früher (§. 563.) geſagt worden. Der Erfahrung gemäß iſt die Zuſammenſtimmung zweyer (und ſo auch mehrerer) Töne deſto vollkommener, j e e i n f a c h e r d a s V e r h ä l t n i ß i h r e r Z a h l e n w e r t h e iſt, je öfter alſo die Schwingungen derſelben zuſammentreffen.

So z. B. iſt die vollkommenſte Zuſammenſtimmung die zwiſchen dem Grundtone und der Octave; denn hier iſt das einfachſte Verhältniß 1 : 2. So ſtimmen der Grundton und die Quinte beſſer zuſammen, als der Grundton und die Quarte; das Verhältniß der erſtern, nähmlich 2 : 3, iſt aber auch einfacher, als das der letztern, nähmlich 3 : 4. Dagegen iſt der Grundton und die Secunde C und D diſſonirend, ihr Verhältniß iſt 8 : 9. Noch mehr diſſonirend c und cis (24 : 25). Um das Zuſammentreffen der Schwingungen bey conſonirenden Tönen zu verſinnlichen, nehme man die vier Töne, welche am vollkommenſten zuſammen ſtimmen, nähmlich den Grundton, die

Terz, die Quinte und die Octave; man bezeichne die zu gleicher Zeit Statt habenden Schwingungen mit Puncten, die man unter einander ſetzt, und man wird die verſchiedenen Perioden des Zuſammentreffens ihrer Schläge ſichtbar vor Augen haben.

| | |
|---|---|
| Schwingungen des Grundtones: | • • • • • • • • |
| — der Octave: | • • • • • • • • • • • • • • • • |
| — der Quinte: | • • • • • • • • • • • • |
| — der Terz: | • • • • • • • • • • |

Nähere Betrachtung der Conſonanzen. Wenn wir alle conſonirenden Töne zuſammenfaſſen, ſo ſind es diejenigen, die in folgenden Verhältniſſen ſtehen: 1 : 2 (Grundton und die Octave), 2 : 3 (Grundton und die Quinte), 3 : 4 (Grundton und die Quart), 4 : 5 (Grundton und die große Terz), 5 : 6 (Grundton und die kleine Terz; auch 3 : 5 (Grundton und die große Sext), dann 5 : 8 (Grundton und die kleine Sext). Man ſieht indeſſen von ſelbſt ein, daß, wenn die Zahl der Schwingungen eines Tones verdoppelt wird, die Wirkung auf die Empfindung nicht geſtört werde. Iſt mithin z. B. das Verhältniß 2 : 3 ein conſonirendes, ſo iſt es auch das 2 : 6 = 1 : 3 und eben ſo das 2 : 12 = 1 : 6. Eben ſo iſt einleuchtend, daß ein Verhältniß conſonirend bleibt, wenn man es umkehrt, und den einen Werth verdoppelt. So z. B. iſt das Verhältniß 3 : 4 (Grundton und Quarte) conſonirend; daraus wird durch Umkehrung und Verdoppelung $4 : 3 \times 2 = 4 : 6 = 2 : 3$ (Grundton und Quinte) gleichfalls conſonirend. Man ſagt daher die Quinte ſey eine umgekehrte Quarte. — Faßt man Alles zuſammen: ſo findet ſich, daß alle conſonirenden Töne in den Zahlen von 1 bis 6 entweder unmittelbar enthalten ſind, oder durch Verdoppelung, oder durch Umkehrung und Verdoppelung erhalten werden. Man überſieht dieſes am leichteſten, wenn man alle conſonirenden Intervalle, wie ſie vom Grundtone an nach aufwärts ſich ergeben, in folgender Ordnung anſetzt. Der Grundton $1 = 1/1$ (z. B. C) conſonirt mit jedem der folgenden:

| I. | II. | III. | IV. | V. | VI. | VII. | VIII. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $1/1$, | $6/5$, | $5/4$, | $4/3$, | $3/2$, | $8/5$, | $5/3$, | $2/1$. |
| c, | es, | e, | f, | g, | as, | a, | $\overline{\text{c}}$. |

Die vier letzten aber ſind offenbar Umkehrungen der erſten mit Verdoppelung, nähmlich VIII. von I. ($2/1 = 1/1 \times 2$), VII. von II. ($5/3 = 5/6 \times 2 = 10/6$), VI. von III. ($8/5 = 4/5 \times 2$), V. von IV. ($3/2 = 3/4 \times 2 = 6/4$).

Mehrſtimmige Combinationen. Soll ein Accord ein conſonirender ſeyn: ſo müſſen alle Töne, aus dem er beſteht, unter ſich

conſoniren, widrigenfalls iſt er diſſonirend. Unter den dreyſtimmigen Combinationen, deren ſich durch Verbindung von conſonirenden Tönen 15 zuſammenſetzen laſſen, ſind folgende ſechs Accorde conſonirend:

| I. | II. | III. |
|---|---|---|
| 1 Grundton, | 1 Grundton, | 1 Grundton, |
| $^5/_4$ gr. Terz, | $^6/_5$ kl. Terz, | $^6/_5$ kl. Terz, |
| $^3/_2$ Quinte. | $^3/_2$ Quinte. | $^8/_5$ kl. Sext. |
| **IV.** | **V.** | **VI.** |
| 1 Grundton, | 1 Grundton, | 1 Grundton, |
| $^5/_4$ gr. Terz, | $^4/_3$ Quarte, | $^4/_3$ Quarte, |
| $^5/_3$ gr. Sext. | $^5/_3$ gr. Sext. | $^8/_5$ kl. Sext. |

Man nennet I. den großen oder harten Dreyklang, und II. den kleinen oder weichen Dreyklang. Auf dieſe zwey laſſen ſich alle übrigen zurückführen, III. und V. auf I., IV. und VI. auf II., wie dieſes aus der bloßen Betrachtung der Zahlenwerthe erhellet (mit der Bemerkung, daß im Weſentlichen einer Conſonanz nichts geändert wird, wenn man ſtatt eines Tones ſeine Ober- oder Unteroctave ſetzt, mithin ſeinen Zahlenwerth mit 2 multiplicirt oder dividirt). Man drücke, zur Erleichterung, die Töne durch gleichnahmige Brüche oder durch ganze Zahlen aus: ſo hat man für jeden Accord folgende Töne:

Für I. $1, \, ^5/_4, \, ^3/_2 = \, ^4/_4, \, ^5/_4, \, ^6/_4 = 4, 5, 6.$

» III. $1, \, ^6/_5, \, ^8/_5 = \, ^5/_5, \, ^6/_5, \, ^8/_5 = 5, 6, 4 \times 2.$

» V. $1, \, ^4/_3, \, ^5/_3 = \, ^3/_3, \, ^4/_3, \, ^5/_3 = 3, 4, 5 = \, ^6/_2, 4, 5.$

(es ſind immer die Zahlen 4, 5, 6, nur in einer andern Ordnung).

Für II. $1, \, ^6/_5, \, ^3/_2 = \, ^{10}/_{10}, \, ^{12}/_{10}, \, ^{15}/_{10} = 10, 12, 15.$

» IV. $1, \, ^5/_4, \, ^5/_3 = \, ^{12}/_{12}, \, ^{15}/_{12}, \, ^{20}/_{12} = 12, 15, 10 \times 2.$

» VI. $1, \, ^4/_3, \, ^8/_5 = \, ^{15}/_{15}, \, ^{20}/_{15}, \, ^{24}/_{15} = 15, 10 \times 2, 12 \times 2,$

(es ſind immer die Zahlen 10, 12, 15, nur in einer andern Ordnung).

Übrigens iſt der unterſte, hier als Grundton angeſetzte Ton nur in I. und II. wirklich eigentlicher Grundton; in III. und IV. iſt es der dritte, in V. und VI. der mittlere; in jenen nimmt die Terz, in dieſen die Quinte die erſte oder unterſte Stelle ein. Deutlicher wird dieſes vielleicht durch ein Beyſpiel. Macht man in dem harten Dreyklange c, e, g zum unterſten Tone den Ton e, ſo hat man den Accord e, g, $\overline{c}$; macht man g zum unterſten, ſo hat man g, $\overline{c}$, $\overline{e}$; immer aber iſt c der eigentliche Grundton, nur die Terz e und die Quinte g ſind verlegt worden. Daſſelbe gilt von dem weichen Dreyklange c, es, g (II.), aus dem durch ähnliche Verlegungen die Accorde

es, g, $\overline{c}$ (IV.), und g, $\overline{c}$, $\overline{es}$ (VI.) entſtehen. Will man Beyſpiele von allen ſechs Accorden haben, wo immer c der unterſte Ton iſt, ſo ſind es folgende: I. c, e, g, II. c, es, g, III. c, es, as, IV. c, e, a, V. c, f, a, VI. c, f, as. Aber nur in I. und II. iſt der unterſte Ton c der wahre Grundton, in III. und IV. iſt es der dritte, as und a, in V. und VI. der mittlere, nähmlich f.

Zu einem *vierſtimmigen* Accorde gehören vier Töne, davon aber keiner die Octave eines derſelben ſeyn darf, ſonſt iſt es nur ein dreyſtimmiger. Er entſteht, wenn dem Dreyklange eine Septime (um den *Hauptvierklang* zu erhalten, dem *harten* Dreyklange die *kleine*) beygeſetzt wird. Sie iſt mit dem Grundtone diſſonirend, und eben darum leitet ſie in einen andern Ton; ſo z. B. leitet hes die kleine Septime von c in die Tonart f, in deren Tonleiter ſie gehört. Auch dieſer Accord (z. B. c, e, g, hes) leidet eine dreyfache Verſetzung, indem e, g oder hes an die unterſte Stelle kommen kann. Übrigens kann in einem Accorde eine Stimme fehlen, ohne daß er dadurch zu einem andern Accorde wird (ſo z. B. fehlt bey hes, c und e das g). — Eine weitere Erörterung dieſes Gegenſtandes (z. B. der Unterſchied des angegebenen harten Vierklanges von dem weichen mit kl. Terz, dann von dem mit kl. Terz und kl. Quinte, endlich von dem mit gr. Terz, gr. Quinte und *großer* Septime; — eben ſo die Beachtung eines oben nicht angeführten, ſogenannten *verminderten* Dreyklanges mit kl. Terz und kl. Quinte, endlich die verſchiedenen Anſichten der Tonlehrer u. d. m.) würde zu ſehr in das eigentliche Gebieth der Tonkunſt ſelbſt eingreifen, deren Gränze wir ohnedieß hier und früher ſchon etwas überſchritten zu haben beſorgen müſſen. Der Verfaſſer glaubte indeſſen, manchem Leſer dadurch einiges nicht ganz Unwillkommene zu biethen.

§. 575. **Noch zwey merkwürdige Erſcheinungen**, nähmlich:

1. Wenn eine bedeutend lange Saite zum Schallen gebracht wird: ſo hört man *außer dem Haupttone, welcher von ihrer Länge beſtimmt wird, auch andere höhere Töne*. Daraus ſcheint zu folgen, daß bey dieſer Saite *außer der einfachſten Transverſalſchwingung*, bey welcher die Saite als ein Ganzes ſchwingt, auch noch *andere zugleich* Statt finden, bey welchen ihre aliquoten Theile ſchwingen, ſo daß Schwingungsknoten entſtehen. Allein nicht

nur bey Saiten, ſondern auch bey andern ſchallenden Körpern kann man mehrere Töne zu gleicher Zeit wahrnehmen, welche auch bey dieſen Körpern auf mehrere gleichzeitige Schwingungen hindeuten; ſo z. B. vernimmt man dergleichen mehrere Töne oft ſehr deutlich bey großen Glocken.

II. Nicht weniger merkwürdig iſt auch folgende Erſcheinung. Wenn zwey Töne, deren Schwingungen oft zuſammentreffen, zugleich gehört werden, und beyde ſtark und anhaltend ſind: ſo vernimmt man einen *dritten tieferen* Ton.

*In Beziehung auf* I. Am öfterſten hört man bey einer Saite außer dem Haupttone auch die Doppelquinte desſelben, und die Doppeloctave ſeiner Terz. Manchmahl vernimmt man auch die Octave, manchmahl wohl auch die Doppeloctave des Granttons. Wenn man demnach für den Hauptton C annimmt, ſo ſind die Nebentöne folgende: g, $\overline{e}$, c, $\overline{c}$. Wenn man dieſe Töne alle nach der Reihe von unten nach aufwärts ſetzt, ſo kommen ſie in folgender Ordnung zu ſtehen, C, c, g, $\overline{c}$, $\overline{e}$; ihre Zahlenwerthe ſind demnach: 1, 2, 3, 4, 5. (§. 573., Zuſ.)

*In Beziehung auf* II. Der bey zwey Tönen gehörte tiefere Ton iſt immer ein ſolcher, daß ſein Zahlenwerth durch 1 ausgedrückt wird, wenn man das Verhältniß der beyden höhern durch die kleinſten ganzen Zahlen ausdrückt. So z. B. wird C gehört, wenn die zwey höhern Töne $\overline{c}$ und $\overline{e}$ ſind; das Verhältniß dieſer iſt 4:5, C iſt dann die doppelte Unteroctave von $\overline{c}$, und hat alſo den Zahlenwerth 1. Der Grund der Erſcheinung liegt darin, weil wir bey ſolchen zwey reingeſtimmten ſtarken und anhaltenden Tönen auch das Zuſammentreffen derſelben ſo vernehmen, daß dieſe durch Zuſammentreffung verſtärkten Schläge wie ein eigener dritter Ton auf das Gehör wirken. Bezeichnet man auf die oben angegebene Art die einzelnen Schläge mit Puncten, ſo finden ſich folgende:

| | |
|---|---|
| Für den Ton $\overline{e}$ | • · · · · • · · · · • · · · · |
| Für den Ton $\overline{c}$ | • · · · • · · · • · · · |
| Zuſammentreffende: | • • • |

Der Verſuch kann am leichteſten mittelſt zweyer Blasinſtrumente, und auf einer rein geſtimmten Orgel angeſtellt werden. Er gelingt wohl auch auf einer Violine, aber keineswegs auf einem Clavier, weil auf letzterem die Töne nicht anhaltend genug ſind. —

Fortſetzung der Lehre von den Schwingungen geſpannter Saiten.

§. 576. In Beziehung auf die Tonhöhe iſt von den Transverſalſchwingungen der Saiten auch noch zu merken, daß der Ton einer Saite von beſtimmter Länge und Dicke deſto höher iſt, je mehr ſie geſpannt wird. Um aber die Octave zu geben, muß ihre Spannung nicht doppelt, ſondern vier Mahl ſo groß werden. — Ferner gibt eine Saite von beſtimmter Länge und beſtimmter Spannung einen deſto höhern Ton, je dünner ſie iſt. Aus zwey Saiten demnach, welche bloß in der Dicke verſchieden ſind, und wovon der Durchmeſſer der einen gerade doppelt ſo groß iſt, als der Durchmeſſer der andern, iſt die dünnere die Octave der dickern. —

Die Tonhöhen zweyer übrigens gleicher Saiten verhalten ſich alſo wie die Quadratwurzeln der ſpannenden Kräfte. Dieſes läßt ſich leicht durch Verſuche darthun, wenn nähmlich die Saite eines Monochords (wie in der Zeichnung 7.) durch Gewichte geſpannt wird, und man ihre Spannung durch Vermehrung der Gewichte ſo lange wachſen läßt, bis ſie die Octave des Tones gibt, den ſie zuerſt angab, oder die Doppeloctave, oder einen andern beliebig höhern Ton. Man kann übrigens zur Abänderung der Verſuche mehr als eine Saite an einem ähnlichen Apparate anbringen. — Nimmt man die Sätze dieſes Paragraphs mit dem im §. 570. vorgetragenen zuſammen, ſo erhält man folgende Proportion: Es verhalten ſich die Tonhöhen zweyer Saiten wie die Quadratwurzeln der ſpannenden Kräfte, dividirt durch die Producte aus den Längen der Saiten in die Durchmeſſer derſelben, oder

$$N : n = \frac{\sqrt{P}}{DL} : \frac{\sqrt{p}}{dl}.$$

wenn nähmlich N und n die Schwingungszahlen für eine beſtimmte Zeit, mithin die Zahlenwerthe der Töne (§. 571.) und alſo die Tonhöhen bedeuten, P und p die ſpannenden Gewichte, L und l die Längen der Saiten, D und d die Durchmeſſer ihrer Dicken.

§. 577. Die Longitudinalſchwingungen einer Saite beſtehen in abwechſelnden Verdichtungen und Ausdehnungen derſelben in der Richtung ihrer Länge. Man kann dieſe Schwingungen hervorbringen,

wenn man eine geſpannte Saite mit einem Violinbogen in einer ſehr ſchiefen Richtung (d. h. ſo, daß der Bogen mit der Saite einen ſehr kleinen Winkel macht) ſtreicht. Noch bequemer iſt es, die Saite mit dem durch Harzſtaub rauh gemachten Finger zu ſtreichen. Der auf dieſe Art hervorgebrachte Ton iſt von dem, den die nähmliche Saite mittelſt der Transverſalſchwingungen gibt, ſehr verſchieden, und ſchon dieſes zeigt, daß hier ganz andere Schwingungen Statt haben müſſen. Er iſt ſcharf und unangenehm.

Die Zeichnung 8 ſoll einiger Maßen zur Verſinnlichung der Longitudinalſchwingungen einer Saite dienen. Soll nähmlich der Punct d ſich dem Puncte a nähern: ſo müſſen nothwendiger Weiſe zwiſchen d und a Verdichtungen, und zwiſchen d und b Ausdehnungen Statt finden. Nach einer jeden Verdichtung in a d erfolgt dort eine Verdünnung, in b d aber eine Verdichtung.

Die Höhe des Tones hängt hier nicht ab von der Spannung; eine und dieſelbe Saite gibt bey verſchiedener Spannung denſelben Ton. Wohl aber hängt er ab von der Länge der Saite. Verkürzt man ſie: ſo wird der Ton höher. Er iſt überhaupt hoch, und um tiefe Töne zu erhalten, muß die Saite ſehr lang ſeyn. — Ferner iſt der Stoff, aus dem die Saite beſteht, von bedeutendem Einfluß. Eine Meſſingſaite z. B. gibt einen bedeutend tiefern Ton als eine gleich lange und gleich dicke Stahlſaite.

Übrigens iſt leicht begreiflich, daß auch bey der Transverſalſchwingung einer Saite die kleinſten Theile zugleich longitudinal ſchwingen; denn die Saite wird offenbar verlängert und verkürzt, die Theilchen derſelben mithin von einander entfernt und einander genähert.

### Schwingungen einer Membrane.

§. 578. Eine Membrane, die nach einer Richtung geſpannt iſt, macht Transverſalſchwingungen, welche denen der Saite nothwendiger Weiſe ähnlich ſind. Iſt ſie nach allen Richtungen geſpannt (wie das z. B. an einer Pauke Statt findet): ſo ſchwingt wahrſcheinlicher Weiſe jeder Durchmeſſer ſo, wie eine geſpannte Saite.

Auch die ſchwingende Membrane kann ganz ſchwingen, oder ſich in ſchwingende Theile theilen; die Schwingungsknoten können hier nicht Puncte ſeyn, ſondern Linien, Wir werden weiter unten zeigen,

wie ſich dergleichen an den ſchwingenden Scheiben dem Auge ſichtbar machen laſſen.

### Schwingungen elaſtiſcher Stäbe.

§. 579. Ein elaſtiſcher Stab iſt offenbar fähig transverſal zu ſchwingen, wie ſchon die im §. 1. angeführte Erfahrung zeigt. Um ihn leicht zum Klingen zu bringen, kann man den an einem Ende in einen Schraubſtock eingeſpannten Stab in der Nähe des andern Endes mit einem geharzten Geigenbogen ſtreichen. Dieſes iſt unter den angegebenen Umſtänden die einfachſte Schwingung.

In dem eben erwähnten Falle iſt der klingende Stab an dem einen Ende feſt, an dem andern völlig frey; es ſind aber außer dieſem noch fünf Fälle möglich, in denen ein klingender Stab ſich befinden kann, nähmlich: 1) Er iſt an beyden Enden feſt (z. B. in zwey Schraubſtöcken eingeſpannt); 2) er iſt an dem einen Ende feſt, an dem andern irgendwo angeſtemmt (z. B. an ein Bret angedrückt); 3) er iſt an beyden Enden angeſtemmt (z. B. er wird mittelſt eines Bretchens gegen einen Tiſch angedrückt); 4) er iſt an einem Ende angeſtemmt, an dem andern frey (wenn man ihn nähmlich an irgend einer Stelle hält, um ihn mit dem andern Ende an irgend einen Körper zu drücken; 5) beyde Ende ſind frey (z. B. er ruht auf Stroh, wie die Glasſtreifen oder Holzſtäbe der Strohfiedel). Die Zeichnungen 9. 10. 11. 12. 13. 14. geben beyläufig die Geſtalt der Biegungen des Stabes in den ſechs verſchiedenen Fällen. — In den erſten vier Fällen kann der ganze Stab ſchwingen; im fünften Falle muß er wenigſtens einen Schwingungsknoten haben, dieſer iſt nähmlich an der Stelle, an welcher der Stab gehalten wird. Soll er im fünften Falle (Zeichn. 13.) nicht mehr als einen bekommen: ſo muß die Stelle b, wo er gehalten wird, um ein Drittel der ganzen Länge des Stabes von dem freyen Ende entfernt ſeyn. Im ſechsten Falle ſind wenigſtens zwey Schwingungsknoten nothwendig, indem der Stab wenigſtens an zwey Stellen unterſtützt ſeyn muß. Dieſe Stellen müſſen um $^1/_4$ der ganzen Länge des Stabes von den freyen Enden abſtehen. Man kann übrigens auch in den andern Fällen den Stab zwingen ſich in ſchwingende Theile zu theilen, wenn man eine der Stellen, wo ein Schwingungsknoten ſeyn ſoll, mit dem Finger berührt und alſo dämpft. Immer muß der einem freyen Ende nächſte Schwingungsknoten von dieſem Ende nur halb ſo viel entfernt ſeyn, als ein Schwingungsknoten von dem

andern, oder feſten Ende. — Will man die Schwingungsknoten dem Auge bemerkbar machen: ſo nehme man zu Verſuchen einen Stab, der einige Breite hat, halte ihn horizontal, beſtreue ihn mit trockenem Sande, und ſtreiche ihn dann mit dem Geigenbogen. Der Sand wird von den ſchwingenden Stellen abſpringen und ſich an den Schwingungsknoten ſammeln.

Mit Kurzem erwähnen wir hier des Kaleidophons oder phoniſchen Kaleidoſcops von Wheatſtone, einer Spielerey, welche aus einem oder mehreren Stäben beſteht, die etwa 1 Linie dick und 10 bis 15 Zoll lang, auf einem Bodenbrete befeſtigt, und oben mit glänzenden Knöpfchen verſehen ſind. Wird ein ſolcher Stab mit einem Geigenbogen geſtrichen, ſo beſchreibet das Knöpfchen mannigfaltige. Krummen, und gibt, hinreichend beleuchtet, ſymmetriſche Figuren.

§. 580. Aus zwey gleich dicken Stäben, die aus derſelben Materie verfertigt ſind, gibt (der Erfahrung gemäß) der längere den tiefern Ton; ſind beyde gleich lang aber ungleich dick, ſo gibt der dickere den höhern Ton, wegen der durch die größere Dicke verſtärkten Elaſticität. Die bloße Breite hat keinen merklichen Einfluß auf die Tonhöhe. Der doppelt ſo breite beſteht gewiſſermaßen aus zwey neben einander ſeyenden gleich dicken Stäben.

Genauer: Der um die Hälfte längere Stab gibt nicht doppelt, ſondern vier Mahl weniger Schwingungen für dieſelbe Zeit, denn mit der Länge nimmt auch ſeine Biegſamkeit zu, mithin ſeine Elaſticität ab. Sind zwey Stäbe gleich lang und ungleich dick: ſo ſchwingt der von doppelter Dicke noch einmahl ſo geſchwind, und gibt demnach die Octave des dünnern. Allgemein ausgedrückt iſt $n = \frac{d}{l^2}$, wo n die Tonhöhe bedeutet, d die Dicke und l die Länge des Stabes.

Mittelſt eines Stabes läßt ſich finden, wie viel Schwingungen in einer Secunde für irgend einen beſtimmten Ton nöthig ſind (§. 570., 3.). Man nimmt einen Stab, der ſo lang iſt, daß man die Schwingungen, die er in einer Secunde macht, zählen könne. Geſetzt es wären ihrer vier. Man verkürze ihn durch immer tieferes Einſpannen im Schraubſtock ſo lange, bis ſie hörbar werden. Dieß iſt hier der Fall, wenn ſeine Länge beynahe ein Drittel der urſprünglichen iſt. Wie viel Schwingungen macht er nun in einer Secunde? Man findet dieſes aus der Proportion $N : n = l^2 : L^2$,

wo $N = 4$ die beobachtete Zahl der Schwingungen des Stabes von der Länge $L = 1$ bezeichnet, $n$ die zu ſuchende Zahl der Schwingungen des auf die Länge $l = \frac{1}{3}$ verkürzten Stabes. Mithin iſt $4 : n = (\frac{1}{3})^2 : 1^2$. Daher $n = \frac{4 \cdot 1}{\frac{1}{9}} = 4 \times 9 = 36$. Und ſo ließe ſich aus der Länge, bey der ſo ein Stab was immer für einen beſtimmten Ton angibt, die zu dieſem Tone gehörige Schwingungszahl finden.

Eine Anwendung von Stäben, welche als ein Ganzes ſchwingen, iſt bey der ſogenannten Eiſenvioline, beſtehend aus einem halbkreisförmigen Reſonanzboden, an deſſen Umfange Metalldrähte von verſchiedener Länge eingefügt ſind, die mit einem geharzten Geigenbogen geſtrichen werden.

Ein und derſelbe Stab tönt nothwendigerweiſe höher, wenn er ſich in ſchwingende Theile theilt, als wenn er als ein Ganzes ſchwingt; und zwar ſind die Töne eines an dem einen Ende eingeſpannten, an dem andern Ende freyen Stabes folgende. Der Ton der in der Zeichn. 9. angedeuteten Schwingung verhält ſich zu dem in der Zeichn. 15. angedeuteten wie $2^2 : 5^2 = 4 : 25 =$ C : gis. Von dieſer zweyten Schwingungsart an verhalten ſich die Töne der folgenden Schwingungsarten, wie $3^2 : 5^2 : 7^2$ u. ſ. w. (Für noch andere Fälle ſehe man Chladni's Akuſtik, S. 96 u. f.)

Wird ein Stab gebogen, und im Zuſtande der Krümmung zum Klingen gebracht: ſo tönt er deſto tiefer, je krummer er geworden iſt. Chladni gibt davon den Grund an, weil ſo ein Stab ſich immer in drey ſchwingende Theile theile, und der mittelſte dieſer Theile, je mehr der Stab ſich krümmt, deſto kleiner werde. Nun werden aber die äußern Theile deſto größer, und ſchwingen daher langſamer. In der Zeichn. 16. werden dieſe Theilungen abgebildet.

Ein Ring kann ſich in 4, 6, 8 ꝛc. Theile theilen, wenn er tönt. (Zeichn. 17.) Der tiefſte Ton eines geraden, an einem Ende feſten, an dem andern Ende freyen Stabes iſt daher tiefer als der tiefſte Ton desſelben Stabes, wenn er in einen Ring gebogen wird.

§. 581. Da die Stimmgabel von häufigem Gebrauche iſt: ſo muß ihrer eigens erwähnt werden. Sie iſt ein gebogener Stab von gabelförmiger Geſtalt, an dem Orte ſeiner Biegung mit einer Art von Fuß verſehen (Zeichn. 18.). Bekanntlich bedient man ſich ihrer, um einen beſtimmten Ton immer genau zu erhalten. Um

ſie zum Klingen zu bringen, wird ſie angeſchlagen und dann mit dem Puncte c an irgend eine Fläche geſtemmt.

§. 582 Ein Stab kann auch longitudinal ſchwingen. Um ihn durch dieſe Schwingung zum Tönen zu bringen, reibt man ihn in der Richtung der Länge, indem man ihn in ſeiner Mitte zwiſchen zwey Fingern feſthält, und, wenn er von Glas (etwa eine Barometerröhre) iſt, zur Reibung ein naſſes Tuch anwendet, auf welches man gepulverten Bimsſtein geſtreuet hat. Hölzerne und metallene Stäbe kann man mit in Harzſtaub getauchtem Tuche reiben.

Man kann übrigens einen Stab leicht in longitudinale Schwingung verſetzen, wenn man an das eine Ende in der Richtung der Länge des Stabes eine dünne Glasröhre ankittet und an dieſer die Reibung mit naſſen Fingern vollbringt. Ein ſolches Röhrchen vermag ſogar einen dicken Balken in Schwingungen zu verſetzen. Es wird hierzu in eine am Ende des Balkens gemachte Öffnung mit Siegelwachs feſtgekittet.

Faßt man den Stab, wie bey dem im §. 582. angegebenen Verſuche, in der Mitte: ſo hat er dort einen Schwingungsknoten. Dieſe Schwingung iſt die einfachſte. Hält man ihn um $^1/_4$ ſeiner Länge von dem einen Ende: ſo erhält er zwey Schwingungsknoten, nähmlich in a und b (Zeichn. 19.). Drey erhält er, wenn man ihn um $^1/_6$ ſeiner Länge faßt u. ſ. w. Immer iſt die Entfernung zweyer Schwingungsknoten, oder die Entfernung des feſten Endes von dem nächſten Schwingungsknoten doppelt ſo groß, als die Entfernung des freyen Endes von dem nächſten Schwingungsknoten.

Es gibt eine Längenſchwingung, die ein ſtarrer Streifen (aus Glas, Metall, Holz ꝛc.) leicht und gleichſam von ſelbſt annimmt, wenn man ihn in ſeiner Mitte leicht zwiſchen den Fingern hält, und an dem einem Ende mit einem harten Körper (z. B. mit einem Schlüſſel) in der Richtung ſeiner Länge ſchlägt. Um die Schwingungen ſichtbar zu machen, muß man früher ſeine Oberfläche mit Sand beſtreuen. Dieſer bildet dann eine Reihe von Knotenlinien. Kehrt man den Streifen um, und wiederhohlt den Verſuch: ſo bilden ſich auf der neuen Oberfläche die Knotenlinien gleichfalls; nur mit dem merkwürdigen Unterſchiede, daß ſie anders vertheilt ſind. Hat nähmlich der Streifen einige Dicke (etwas über eine Linie): ſo wechſeln ſie ab, ſo daß auf der einen Oberfläche eine Knotenlinie iſt, wo

auf der entgegengeſetzten ein ſchwingender Theil war. — Savart hat über dieſe und ähnliche Erſcheinungen verſchiedene Verſuche angeſtellt. Als er Stäbe dazu verwendete, deren Dicke es verſtattete, die Knotenlinien auf allen vier Flächen zu unterſuchen, fand er, daß ſie um den Stab eine Art Spirallinien bildeten. Zur Erſchütterung des Stabes kann man ſich des ſchon erwähnten angekitteten Glasröhrchens bedienen. — Noch möge hier ein intereſſanter Verſuch von Weber eine Stelle finden. In eine etwa 4 bis 6 Fuß lange und einige Linien weite Glasröhre wird bey dem unteren Ende ein abgeſchnittener gut paſſender Glasſtöpſel geſteckt, die Röhre in der Mitte gefaßt, lothrecht gehalten und durch Reiben in Longitudinalſchwingung verſetzt. Geſchieht dieſes: ſo ſteigt der Stöpſel mit bedeutender Gewalt; denn er hebt ſogar eine über ihn gegoſſene Waſſerſäule.

§. 583. An einem Stabe laſſen ſich auch drehende hörbare Schwingungen hervorbringen. Man bringt an einer Barometerröhre ſolche Schwingungen hervor, wenn man die Röhre in der einen Hand hält, und ſie nach einer Richtung dreht, während man mit der andern Hand die Röhre nach der entgegengeſetzten Richtung mittelſt eines naſſen mit Bimsſteinpulver beſtreuten Tuchlappens reibt.

Der Ton iſt tiefer, als der, welcher entſteht, wenn dieſelbe Röhre in der Richtung der Länge gerieben wird, beyläufig um eine Quinte tiefer.

### Schwingungen der Scheiben und Glocken.

§. 584. So lange die Breite einer Platte oder Scheibe unbedeutend iſt gegen die Länge derſelben, läßt ſie ſich als ein Stab betrachten, und befolgt dieſelben Geſetze. Mit Zunahme der Breite muß ſie immer mehr als eine ſchwingende Fläche betrachtet werden. Eine ſolche Scheibe pflegt ſich in mehrere Theile zu theilen, welche nach entgegengeſetzten Richtungen ſchwingen, und durch ruhende Stellen von einander getrennt ſind. Dieſe Stellen ſind hier nicht Puncte, ſondern Linien. Sie werden Knotenlinien genannt. Man kann ſie durch einen leichten Verſuch dem Auge ſichtbar machen. Man beſtreut nähmlich die Scheibe (z. B. eine Glasſcheibe von etwa vier Zoll Durchmeſſer) mit trockenem, nicht zu feinem Sande, hält ſie an irgend

einem Puncte zwiſchen zwey Fingern in horizontaler Lage, und ſtreicht eine Stelle des Randes mittelſt eines geharzten Geigenbogens. Die Scheibe gibt einen Klang, der Sand wird von den meiſten Orten abgeworfen, ſammelt ſich an den ruhenden Stellen, und bildet dort Zeichnungen, welche man Klangfiguren zu nennen pflegt. Sie ſind meiſtens ſehr regelmäßig und beſtehen bald aus geraden, bald aus verſchiedenartig gekrümmten, nun parallelen, nun ſich durchſchneidenden Linien. — Die gedämpfte Stelle iſt gewiß eine ruhende, an der geſtrichenen Stelle dagegen hat beym Schwingen gewiß die größte Excurſion Statt. Theilt ſich die Scheibe regelmäßig: ſo muß nothwendiger Weiſe auf der andern Seite der gedämpften Stelle, in einer gleichen Entfernung, wieder die größte Excurſion Statt finden. Und ſo laſſen ſich manche dieſer Figuren wenigſtens zum Theil vorausſehen.

Angabe mehrerer Klangfiguren, und des Verfahrens ſie zu erhalten. In der Zeichnung 20. ſieht man mehrere derſelben dargeſtellt. Man erhält ſie, wenn man die Scheiben in den mit p bezeichneten Puncten dämpft, und die mit f angezeigten Stellen ſtreicht. Am beſten eignet ſich zu dieſen Verſuchen dünnes, möglichſt gleichförmiges Fenſterglas, dem die Schärfe am Rande durch Abſchleifen oder mittelſt einer Feile iſt benommen worden. Die einfachſte Figur mit durchgehenden Linien iſt die Figur A; ihr entſpricht der tiefſte Ton. In je mehr Theile ſich die Scheibe theilt, deſto kleiner iſt jeder ſchwingende Theil, deſto größer ſeine Geſchwindigkeit, deſto höher der Ton. Überdieß hängt die Geſchwindigkeit und mithin die Tonhöhe auch ab von der Geſtalt des ſchwingenden Theiles; er iſt z. B. höher bey B als bey A.

Genauere Angabe des Zuſammenhanges der Tonhöhe mit der Klangfigur. — Man muß ja nicht glauben, daß etwa jeder beſtimmte muſikaliſche Ton irgend eine beſtimmte Klangfigur habe; welche Meinung wirklich iſt ausgeſprochen worden. Iſt aus zwey Scheiben die eine kleiner: ſo wird auf ihr bey derſelben Schwingungsart auch dieſelbe Figur erſcheinen, die auf der größern erſcheint; ſie wird aber einen ganz andern muſikaliſchen Ton geben, und zwar einen höheren, vorausgeſetzt, daß beyde gleich dick und von derſelben Materie ſind. Sind beyde Scheiben bloß an der Dicke verſchieden: ſo gibt die dickere den höheren Ton. Ein allgemeiner Ausdruck für

3*

die Tonhöhen zweyer aus demſelben Material verfertigten Scheiben von gleicher Geſtalt iſt $N : n = \frac{D}{R^2} : \frac{d}{r^2}$, wo durch N und n die Tonhöhen, durch D und d die Dicken, durch R und r die Durchmeſſer der Scheiben bezeichnet werden. Daß das Material und die Geſtalt gleichfalls von Einfluß ſey, verſteht ſich von ſelbſt. Dieſes gilt von verſchiedenen Scheiben bey derſelben Schwingungsart und mithin derſelben Klangfigur. — Wohl aber gibt auf einer beſtimmten Scheibe eine beſtimmte Figur einen beſtimmten Ton; und je zuſammengeſetzter die Figur, deſto höher der Ton, aus bereits angegebenen Gründen. Daher oft bloß durch ein ſchnelleres Streichen einer und derſelben Stelle, die Scheibe, um ſchneller zu ſchwingen, in mehrere Theile ſich theilen muß, die Figur demnach mehr zuſammengeſetzt ausfällt.

Änderungen der Klangfiguren. Eine beſtimmte Figur auf einer beſtimmten Scheibe erſcheint nicht eher, bis der mit ihr verbundene Ton rein herausgebracht wird. Kleine Verrückungen der gedämpften Stelle ändern den Ton nicht immer, ſie ändern aber die Klangfigur. Indeſſen iſt, nach Chladni's Bemerkung, dieſes auch keine weſentliche Änderung; alle ſo zum Vorſchein kommenden Knotenlinien laſſen ſich dann auf dieſelbe Zahl zurückführen. Die Änderung beſteht darin, daß gerade Knotenlinien ſich krümmen, endlich zuſammenſtoßen, und ſich durchſchneiden. So kann (Zeichnung 21.) a in b und c übergehen, dieſes in d und e. Eben ſo kann a oder f in g, h, i, k übergehen. So iſt z. B. die Figur in der Zeichnung 22. nicht weſentlich unterſchieden von der Figur der Zeichnung 23. — Die Linien a b c, d b e f und g e h der einen Zeichnung ſind mit den gleichnahmigen der andern Zeichnung als dieſelben anzuſehen. —

Zuſammengeſetzte Figuren. Überraſchend iſt die Erſcheinung, welche man erhält, wenn man an mehreren Scheiben von gleicher Geſtalt einerley Figur hervorbringt, und dann die Scheiben neben einander legt, daß ſie eine größere Fläche bilden (vier kleinere Quadrate, z. B. ein größeres Quadrat). Die Figuren der einzelnen Scheiben bilden dann zuſammen eine zuſammengeſetztere Figur, die man oft an einer größern Scheibe auf einmahl darſtellen kann. So z. B. läßt ſich die Figur der Zeichnung 24. aus Figuren der Zeichnung 20. A. zuſammenſetzen; allein ſie erſcheint auch auf einmahl, wenn man die größere Scheibe in p hält, und in f ſtreicht. Für ſolche zuſammengeſetztere Figuren eignen ſich größere Scheiben, etwa von einem Fuß im Durchmeſſer. Kleine ſind

am beſten mit bloßer Hand zu behandeln. Mit einiger Übung geht dieß auch bey großen an. Indeſſen kann man ſich auch einer hölzernen Doppelſchraube (Zeichnung 25.) dazu bedienen. Sie wird in m an einen Tiſch angeſchraubt und zwiſchen a und b kommt die Stelle der Scheibe, die man dämpfen will. Eine zweyte zu dämpfende Stelle dämpft man durch das Andrücken eines Fingers. Es verſteht ſich von ſelbſt, daß die Stellen der Schraube, womit die Scheibe gehalten und gedrückt wird, mit weichen Materien (Tuch, Leder oder Kork) bedeckt ſeyn müſſen.

Nebenfiguren. Wenn man außer dem etwas gröbern Sande, wodurch die eben erwähnten Klangfiguren am beſten erhalten werden, auch noch ſehr feinen auf die Scheiben ſtreut: ſo ſammelt ſich dieſer innerhalb der Hauptfigur zu irgend einer Nebenfigur. So z. B. entſtehet auf einer runden Scheibe, in dem Falle, wenn die Hauptfigur aus einem einzigen Kreiſe beſteht, näher am Rande noch ein Kreis aus dem feinen Staube, und in der Mitte der Scheibe ein Punct. Man erklärte dieſe Erſcheinung aus der Annahme, daß die Scheibe außer ihrer Haupttheilung noch eine Unterabtheilung annehme. Da indeſſen dieſe Figuren in verdünnter Luft unterbleiben (Phil. Mag. X. 42.): ſo ſcheinen ſie der in Bewegung gebrachten Luft zugeſchrieben werden zu müſſen. Allerdings aber laſſen ſich ſehr viele äußerſt feine Unterabtheilungen wahrnehmen, wenn man die Scheibe mit einer dünnen Waſſerſchichte bedeckt. Wird die Scheibe zum Tönen gebracht: ſo zeigt die Flüſſigkeit eine netzförmige Oberfläche. Außer den bisher erwähnten Klangfiguren, ſind noch diejenigen zu bemerken, die man Klangfiguren durch Reſonanz genannt hat, welche auf Scheiben dann zum Vorſcheine kommen, wenn die Schwingungsbewegung nicht urſprünglich in ihnen erregt, ſondern mitgetheilt wird. Von ihnen kann erſt ſpäter geſprochen werden.

Anwendung der Klangfiguren zur Beurtheilung der Elaſticität klingender Körper. Wird aus einem Körper eine gleichförmig dicke kreisförmige Scheibe verfertigt, und dieſe in eine ſolche Schwingung verſetzt, daß die Linien der Klangfigur durch den Mittelpunct der Scheibe gehen: ſo nehmen dieſe Linien entweder an jeder Stelle dieſe Richtung an oder nicht. Im erſten Falle iſt die Scheibe überall gleichförmig elaſtiſch, in dem zweyten Falle nicht. Eine ſenkrecht auf die Faſern geſchnittene Holzſcheibe erzeugt gewöhnlich von jeder geſtrichenen Stelle dieſelbe Klangfigur; nicht ſo eine Scheibe, die mit den Faſern parallel oder ſchief gegen dieſelben geſchnitten iſt. Scheiben aus Bergkryſtall geben die erſtere Erſcheinung, wenn ſie ſenkrecht auf der Hauptaxe des Kryſtalls geſchnitten ſind, erſcheinen

mithin rings um die Axe gleichförmig elaſtiſch; keineswegs aber, wenn ſie ſchief mit der Axe, oder parallel mit ihr ſind geſchnitten worden. (S. Ann. der Phyſ. XVI. 206.)

Eine intereſſante Erſcheinung mittelſt einer tönenden Meſſingſcheibe. Wird dieſe, nachdem man auf ihr eine dünne Lage Waſſers ausgebreitet hat, in klingende Bewegung gebracht: ſo werden eine Menge kleiner Tröpfchen von ihr in die Höhe geworfen; je höher der Ton iſt, deſto feinere. Indem man nun im Sonnenlichte bey einer günſtig gewählten Stellung zwiſchen der Sonne und der Scheibe ſich den Tröpfchen hinreichend nähert, ſieht jedes Auge ſeinen eigenen doppelten Regenbogen. Dieſe Beobachtung iſt von Stahlke. —

**§. 585.** Außer den bisher betrachteten Transverſalſchwingungen iſt eine Scheibe auch der Longitudinalſchwingungen fähig.

Verſuch. An einen Glasſtreifen wird in der Richtung ſeiner Länge ein dünnes, einige Zoll langes Glasröhrchen gekittet, der Glasſtreifen mit etwas Sand beſtreut, und das Röhrchen in longitudinale Schwingung verſetzt. Der Sand bewegt ſich; aber nicht auf- und abſchwingend, ſondern parallel mit der Fläche des Glasſtreifens. —

**§. 586.** Die Schwingungen einer Glocke oder irgend eines runden Gefäßes ſind dieſelben mit jenen Schwingungen einer runden Scheibe, wodurch ſternförmige Klangfiguren (wie in den Zeichn. 20. L und M) entſtehen. Die Glocke nähmlich theilt ſich in vier, ſechs, acht, auch wohl (bey hinlänglicher Größe) in mehrere gleiche Theile, welche durch Knotenlinien getrennt ſind, die ſich alle in dem Scheitel der Glocke durchſchneiden.

Man kann dergleichen Knotenlinien an einem jeden klingenden Gefäße auf folgende Weiſe ſichtbar machen. Man füllt das Gefäß (oder die umgeſtürzte Glocke) etwa bis an die Mitte mit Waſſer, berührt es an einer oder auch an zwey entgegengeſetzten Stellen, und ſtreicht es fünf und vierzig Grade von der gedämpften Stelle mittelſt eines geharzten Geigenbogens. Es wird nun an von einander gleich weit entfernten Orten das Waſſer ſichtbar eine zitternde Bewegung erhalten, die, wie man ſieht, von der Schwingung des Gefäßes hervorgebracht wird. Iſt das Waſſer früher mit Bärlappſamen beſtreut worden: ſo ſammelt ſich der Staub ſo, daß er eine vierſeitige

Figur (wie in der Zeichnung 26.) darſtellt. Iſt aber eine Stelle geſtrichen worden, welche von der gedämpften um dreyßig oder sechzig oder neunzig Grade abſteht, ſo entſteht eine ſechsſeitige Figur, wie in der Zeichnung 27.

Ein cylindriſches Gefäß, das am Rande mit dem naſſen Finger geſtrichen wird, ſcheint ſich in vier gleiche Theile abzutheilen; allein die Schwingungslinien müſſen, da der Finger ſich fortbewegt, ebenfalls ihre Stellen ändern. Franklins Harmonika beſteht aus Glasglocken, welche durch Streichen mit naſſem Finger zum Anſprechen gebracht werden.

### Hörbare Schwingungsbewegung der Luft.

§. 587. Daß die Luft ſehr oft ein urſprünglich ſchallender Körper ſey, davon haben wir in der Erfahrung eine Menge Beyſpiele. Man kann alle bekannten Weiſen, wodurch die Luft zum Schallen gebracht wird, unter folgende bringen: 1) Jede plötzliche Erſchütterung der Luft, hervorgebracht theils durch plötzliches Freywerden einer verdichteten oder einer eben entwickelten Luftmenge (wohin alle Exploſionen, z. B. des eingeſchloſſenen Schießpulvers gehören); — theils durch eben ſo plötzliches Eindringen der Luft in einen luftleeren, oder luftverdünnten Raum (wohin z. B. der Knall gehört, der bey der Sprengung einer über den Recipienten der Luftpumpe geſpannten Blaſe entſteht). Ein ſchnell geöffnetes Büchschen gibt auch eine Art Knall, weil die Luft in den luftverdünnten Raum ſchnell eindringt; hat aber das Büchschen eine Öffnung, ſo findet der Knall nicht Statt. — 2) Jede ſchnelle Bewegung eines Körpers in der Luft. So erzeugt ein Hieb mit der Gerte ein Pfeifen; ſo pfeifen abgeſchoſſene Kugeln aus kleinen Gewehren; Kanonenkugeln erzeugen eine Art von Brummen. Ein dünnes, an einem Faden geſchwungenes Bretchen (z. B. ein Lineal) verurſacht eine Art Sauſen, ähnlich dem des Windes, indem es ſich zugleich um ſeine Axe dreht. Die Erſcheinungen des Brummkreiſels ſind bekannt. — 3) Schnelles Strömen der Luft gegen einen ruhenden feſten Körper, welche Erſcheinung eigentlich die umgekehrte von Nr. 2. iſt, nur daß hier der Schall anhaltender und gleichförmiger wird. Hierher gehört das Pfeifen

des Windes, wenn er durch Ritzen, halb offene Fenſter, oder andere ähnliche Öffnungen ſtreicht; das Pfeifen mittelſt des Mundes u. d. m. Dieſes Schallen der Luft hat vorzüglich Statt, wenn der Luftſtrom an ſcharfen Kanten feſter Körper vorbeygeht. — Bey der Erzeugung des Schalles 4) in allen Blasinſtrumenten, und eben ſo 5) bey der menſchlichen Stimme findet im Weſentlichen dasſelbe Statt, was bereits in Nr. 2. und 3. iſt bemerkt worden; doch ſind dieſe Arten von Schallerzeugung einer eigenen, näheren und ausführlicheren Betrachtung würdig.

Nähere Betrachtung der Luftſchwingungen in Röhren. Beſtimmung der Luftwellen. Anwendung auf verſchiedene Blasinſtrumente.

§. 588. Daß bey den Blasinſtrumenten die in den Röhren derſelben enthaltene Luft der klingende Körper ſey, erhellet ſchon daraus, weil der Klang eines ſolchen Inſtrumentes, z. B. einer Pfeife, nicht verhindert wird, wenn einige Stellen derſelben berührt werden, oder wenn auch die ganze Pfeife mit irgend einer weichen Hülle umgeben wird; weil ferner der Stoff, aus welchem ſo eine Röhre verfertigt wird, gar nichts dazu beyträgt, den muſikaliſchen Ton höher oder tiefer zu machen, und dieſer nur von der Länge der in der Röhre ſich befindenden Luftſäule abhängt, wie ſich durch einen leichten Verſuch zeigen läßt. Endlich iſt es bekannt, daß man aus ſolchen Materien, die wegen ihrer zu geringen Elaſticität der ſchwingenden Bewegung gar nicht fähig ſind (wie z. B. aus Bley), recht gute Pfeifen erhält. Die Materie der Röhre iſt indeſſen allerdings vermögend, den Klang verſchieden zu modificiren. Davon mag die Urſache ſeyn, theils weil die Röhre mehr oder weniger mitzittert; theils mag ſich die ſchwingende Luft an den Wänden verſchiedener Materien verſchieden reiben.

Verſuch darüber, daß das Material der Pfeife keinen Einfluß auf die Höhe des Tones hat. Zu dieſem hat man nöthig: 1) einige Röhren aus verſchiedenen Materien (etwa aus Glas, Bley, Pappe, Holz) gearbeitet, die aber alle gleich lang und weit ſind;

2) einen Pfeifenanſatz, der auf alle paßt. Man erhält immer dieſelbe Tonhöhe, man mag die eine oder die andere Röhre daran ſetzen. Auch iſt es für die Tonhöhe gleichgültig, ob die Röhre gerade oder gekrümmt iſt.

§. 589. Die Schwingungen der in einer Röhre enthaltenen Luftſäule ſind offenbar longitudinal, und können wohl in nichts anderem beſtehen, als in abwechſelnden, ſchnell auf einander folgenden Verdichtungen und Ausdehnungen, die in dieſer Luftſäule in der Richtung ihrer Länge Statt finden. In ſchwingende Bewegung aber wird die Luftſäule gebracht: 1) Mittelſt eines ſchmalen Luftſtromes, welcher längs der Luftſäule vorbeyſtreicht; 2) mittelſt ſchnellen Einblaſens von Luft durch eine engere Röhre (wie z. B. bey den Trompeten). 3) Mittelſt eines Luftſtromes, durch welchen ein elaſtiſches Plättchen in Schwingungsbewegung verſetzt wird und rückwirkend ſeine Schwingungen der Luft mittheilt. — Wir werden vor allem andern die auf die erſte Weiſe in Schwingung gebrachte Luftſäule in Betrachtung ziehen. Was ſich hierbey ergibt, gilt auch bey 2, und zum Theil bey Nr. 3. — Um nun einen feinen Luftſtrom gleichlaufend mit der in einer Röhre enthaltenen Luftſäule hervorzubringen, muß in die Röhre ſo geblaſen werden, daß eine dünne Lufſchichte ſich gegen einen ſcharfen Rand der Röhre breche, wie dieſes z. B. geſchieht, wenn auf einem hohlen Schlüſſel gepfiffen wird. Der auf dieſe Weiſe in die Röhre gelangende ſchmale Luftſtrom verſetzt dann die Luftſäule in longitudinale Schwingungen, nähmlich in eine ſchnelle Aufeinanderfolge von abwechſelnden Verdichtungen und Ausdehnungen; indem er auf eine ähnliche Weiſe auf ſie wirkt, wie der mit Harz beſtrichene Finger oder Geigenbogen auf eine geſpannte Saite, die er (nach §. 577.) in longitudinale Schwingungen verſetzt. Dieſer Vorgang findet Statt bey jeder eigentlichen oder Labialpfeife (Lippenpfeife). So nennet man nähmlich eine Röhre, wie die in der Zeichn. 28., welche in c einen Einſchnitt mit einem ſcharfen Raude hat. Das Innere des Theiles a c iſt ſo verengt, daß ein Canal m n entſteht, durch welchen geblaſen wird. Auf dieſe Art kommt

ein dünner Luftſtrom gegen den ſcharfen Rand r, bricht ſich hier und ſetzt die Luft in c b in Oſcillation. Auf ähnliche Weiſe ſind diejenigen Orgelpfeifen eingerichtet, welche man mit dem Nahmen Flötenwerk bezeichnet.

In der Zeichnung 29. iſt eine dergleichen abgebildet. Auch ſo eine Pfeife beſteht aus einem Theile a b, der die tönende Luftſäule enthält, und einem Theile b c, der zum Anblaſen dient. o o iſt eine Seitenöffnung, welche man das Mundloch nennt. Der Theil der Seitenwände l o unter der Öffnung, ſo wie der Theil l o über derſelben, geht etwas nach einwärts. Man nennt dieſen die obere, jenen die untere Lefze. In der Gegend der letzteren befindet ſich inwendig eine Platte b p, welche den hohlen Kegel zum Theil verſchließt und nur einen kleinen länglichen Zwiſchenraum an der Unterlefze offen läßt, welcher das Windloch heißt. Durch dieſes geht nun die bey c eingeblaſene Luft, bildet einen dünnen Strom, bricht ſich an der Schneide der Oberlefze, und bringt die Luftſäule in a b in Schwingung.

§. 590. I. Eine Lippenpfeife (z. B. die Röhre einer Orgelpfeife a b in der Zeichnung 29.) kann an ihren beyden Enden offen ſeyn, oder das eine Ende iſt offen, das andere zu. Man nennt die Pfeifen der erſten Gattung offene, die der letztern gedeckte Pfeifen.

1) Luftſchwingungen in einer gedeckten Pfeife. — Wird in eine gedeckte Pfeife Luft eingeblaſen: ſo begibt ſich (in Folge der im §. 589. angegebenen Wirkung des eindringenden feinen Luftſtromes) jede Schichte der in der Pfeifenröhre enthaltenen Luftſäule näher an den Boden; die Verdichtung nimmt mithin zu bis ſie ihr Maximum erreicht. Nun dehnt ſich aber die verdichtete Luft aus, uud drückt in entgegengeſetzter Richtung. Die Verdichtung hat in der Nähe des Bodens den höchſten Grad, und nimmt ab mit der Entfernung von demſelben; dasſelbe gilt von der Verdünnung. Wird mit dem Einblaſen der Luft fortgefahren, ſo wiederhohlen ſich die Verdichtungen und Verdünnungen wechſelsweiſe, und der Erfolg davon iſt der dadurch hervorgebrachte Schall. Dieſes iſt indeſſen nur die einfachſte Schwingung; es kann aber die Luft auch ſo ſchwingen, daß irgendwo ein Schwingungsknoten

entſteht, der die Luftſäule in zwey oder mehrere Theile theilt, wie ſpäter wird gezeigt werden.

Vielleicht wird dieſes deutlicher durch die Betrachtung der Zeichn. 30. Sie ſtellt eine Röhre vor, die am Ende a a offen, am Ende m n geſchloſſen iſt. Durch den bey a eindringenden ſchmalen Luftſtrom wird jeder Querſchnitt der Luftſäule, d. i. jede Querſchichte a a, b b, c c ꝛc. mitgenommen. Jede drückt auf die ihr nächſte. Und eben darum muß die Verdichtung gegen die Wand m n hin, welche nicht weicht, immer zunehmen, in m n aber den größten Grad erreichen. In a a ſelbſt iſt keine Verdichtung. Die progreſſive Bewegung dagegen iſt in a a am größten (d. h. der Querſchnitt a a weicht nach vorwärts und rückwärts am ſtärkſten aus); ſie nimmt gegen m n zu ab, und iſt in m n null.

§. 591. Luft- oder Schallwelle. — Eine Luftſäule, wie die in einer gedeckten Pfeife bey der einfachſten Schwingung oſcillirende, iſt als eine halbe Luftwelle zu betrachten. Eine ganze hat man, wenn man ſich an die Röhre a s (Z. 31.) noch eine a u hinzu denkt, welche in a offen iſt, ſich aber an a s anſchließt. Geht die Schichte a a gegen s m, ſo geſchehen zwiſchen a a und s m Verdichtungen, zwiſchen a a und u n Verdünnungen; bey ihrem Rückgange aber hier Verdichtungen und dort Verdünnungen; die Schichte a a ſelber geht nur hin und her ohne Verdichtung und ohne Verdünnung. Eine ſolche ganze Luftwelle hat nun wirklich Statt, wenn die Säule a b (Zeichnung 32.) ſich theilt, und einen Schwingungsknoten in s s hat. Zwiſchen s s und b b befindet ſich nun eine ganze Luftwelle, in ihrer Mitte hat der Hin- und Hergang der Schichte c c Statt. Aber eben darum iſt dann der Theil s a am freyen Ende der Röhre eine halbe Luftwelle. Der Abſtand vom Anfange der Verdichtung bis zur nächſten Verdichtung heißt die Länge der Schallwelle. Geſetzt in der Luftſäule a b (Z. 33.) ſey die Luftmenge, die früher in a c enthalten war, in den Raum a d gekommen: ſo iſt a d der verdichtete, b d der verdünnte Theil, und a b die Wellenlänge. Tritt nachher die im natürlichen Zuſtande den Raum b c erfüllende Luft in den Raum b e, ſo iſt hier der verdichtete, in a e der verdünnte Theil.

Um jedem Mißverſtändniſſe zu begegnen, muß noch bemerkt

werden, daß hier das Wort Wellenlänge in einer andern Bedeutung genommen wird, als bey den Waſſerwellen. Bey den letzteren nähmlich heißt (nach §. 394., Zuſ.) die Entfernung vom Anfange des Wellenberges bis zum Ende des Wellenthales Wellenbreite; die Wellenlänge dagegen wird beſtimmt durch die Ausbreitung der Welle ſenkrecht auf die Wellenbreite. In einer Wellenrinne iſt mithin die Wellenlänge der Abſtand beyder Wände der Rinne. Entſtehen in einem großen Behältniſſe Wellenkreiſe: ſo iſt die Peripherie jedes Wellenkreiſes die Länge der dort Statt habenden Welle; mithin nehmen die Wellen von dem Mittelpuncte aus an Länge zu.

Denkt man ſich ſtatt der in einer Röhre einander folgenden Verdichtungen und Verdünnungen, dieſelben in freyer Luft von einem Mittelpuncte aus nach allen Richtungen ausgehend: ſo werden ſich gleichſam hohle Sphären von Verdichtungen und Verdünnungen (mithin ſphäriſche Luftwellen) bilden. Wir werden auf dieſen Gegenſtand bey der Fortleitung des Schalles zurückkommen.

Eine ähnliche Folge von Verdichtungen und Verdünnungen, wie bey Luftſäulen, findet (nach §. 582., Zuſ.) auch Statt bey den Longitudinalſchwingungen der Stäbe.

§. 592. 2) Luftſchwingungen in offenen Pfeifen. — Iſt die, eine Luftſäule enthaltende, Röhre an beyden Enden offen: ſo entſteht ſchon bey der einfachſten Schwingung ein Schwingungsknoten in der Mitte der Röhre. Die ſo entſtehenden zwey gleichen Theile der Luftſäule ſchwingen nach entgegenſetzten Richtungen; die Luftſchichte, die in der Mitte liegt, iſt ruhig und als eine Wand zu betrachten, gewiſſer Maßen als der gemeinſchaftliche Boden zweyer nur an einem Ende offener Röhren. Daß aber ſolch ein Schwingungsknoten wirklich Statt haben müſſe, ſieht man daraus, weil eine an beyden Enden offene Röhre denſelben muſikaliſchen Ton gibt mit einer an dem einen Ende verſchloſſenen, und um die Hälfte kürzeren. In einer offenen Pfeife befinden ſich mithin bey der hier angegebenen einfachſten Schwingung zwey halbe Luftwellen. — Die Luftſäule kann ſich indeſſen auch in mehr als zwey Theile theilen, ſo daß zwey, drey und mehrere Schwingungsknoten entſtehen, wie ſpäter wird gezeigt werden.

Eine an beyden Enden offene Röhre iſt mithin zu betrachten als beſte-

hend aus zwey an dem einen Ende verſchloſſenen und an dieſen Enden mit einander vereinigten Röhren. Eine ſolche wird dargeſtellt in der Zeichnung 34. In c c iſt der Schwingungsknoten, der gleichſam eine Wand bildet; a a c c iſt eine halbe Luftwelle und b b c c wieder eine halbe. Soll die in dieſer Röhre enthaltene Luftſäule zwey Schwingungsknoten bekommen: ſo muß ſie ſich nothwendiger Weiſe ſo theilen, daß zwiſchen den zwey Schwingungsknoten c c und d d (Zeichnung 35.) eine ganze Luftwelle ſich befinde und an jedem offenen Ende eine halbe.

Verſuch, den Schwingungsknoten ſichtbar zu machen. Dieſes geſchieht mittelſt eines an einem Ringe ausgeſpannten feinen Häutchens, oder auch nur eines dünnen Papierſtückchens. Dieſes wird auf einen Faden horizontal aufgehangen, mit Sand beſtreut und in eine gläſerne Pfeife hineingelaſſen, wie in der Zeichn. 36. Befindet ſich das Häutchen in der Mitte der Röhre, ſo iſt der Sand ruhig; an allen übrigen Stellen aber in Bewegung, ſobald die Pfeife zum Tönen gebracht wird. Auch iſt der Ton am ſtärkſten, wenn das Häutchen in der Mitte der Pfeife ſich befindet.

§. 593. Die Tonhöhen verhalten ſich (bey derſelben, z. B. der einfachſten Schwingung) bey mehreren Pfeifen umgekehrt wie die Längen derſelben, d. h. je kürzer die Pfeife, deſto höher der Ton. Dieſes gilt ſowohl bey offenen als auch bey gedeckten Pfeifen. Nur iſt (wie ſchon geſagt worden iſt) eine gedeckte Pfeife halb ſo lang, als eine offene, die mit ihr denſelben Ton gibt. Die Weite der Pfeife an und für ſich hat (vorausgeſetzt, daß ſie durchgehends gleich iſt, wie eine cylindriſche oder prismatiſche Röhre) auf die Tonhöhe keinen Einfluß; indeſſen werden gewiſſe, durch Erfahruug gefundene Verhältniſſe zwiſchen der Weite und Länge beobachtet, um die Töne mit gehöriger Sicherheit, Stärke und Gleichheit zu erhalten.

Bey einer Röhre, die den ihrer Länge entſprechenden Ton geben ſoll, darf ihre Länge höchſtens 24 Mahl größer ſeyn als ihre Weite; ſonſt gibt ſie durch die ſpäter erſt zu erwähnende Theilung der Luftſäule die höheren Töne. Ferner muß ſie wenigſtens beynahe noch einmahl ſo lang ſeyn als weit, ſonſt ſpricht ſie nicht mehr an. Verſuche darüber ſind am leichteſten anzuſtellen mit einer zur Pfeife umgeſtalteten weiten Barometerröhre, die am unteren Ende verſtopft wird, und ſo

eine gedeckte Pfeife abgibt. Man gießt allmählich Waſſer ein, um die Röhre nach Belieben zu verkürzen.

Darauf, daß eine Pfeife deſto höher tönt, je kürzer ſie wird, gründet ſich die Weiſe, eine gedeckte hölzerne Pfeife zu ſtimmen. Man treibt nähmlich einen genau paſſenden, mit Leder umwundenen hölzernen Pfropfen hinein, und treibt ihn tiefer, oder zieht ihn zurück, bis man den verlangten Ton der Pfeife erhält (Zeichn. 37.). Offene hölzerne Pfeifen ſtimmt man mittelſt eines Verfahrens, das ſich darauf gründet, daß die gedeckte Pfeife um eine Octave tiefer tönt, als eine gleich lange offene. Ohne ihre Länge zu ändern, bringt man an das Ende ſo einer Pfeife, die einen höhern Ton angibt, als ſie ſoll, eine dünne bleyerne Platte an (Zeichn. 38.). Würde dieſe ganz und vollkommen angedrückt, und würde die Pfeife zu einer gedeckten; dann müßte der Ton um eine ganze Octave tiefer werden. Durch einige Neigung der Bleyplatte nähert ſich die Pfeife einer gedeckten; es wird demnach der Ton etwas tiefer, und man ſetzt die Verſuche ſo lange fort, bis man den gewünſchten Ton erhält.

Bey bleyernen und zinnernen Pfeifen bedient man ſich, um ſie zu ſtimmen, einer andern Methode. Man erweitert ſie nähmlich an ihrem Ende, wenn ſie zu tiefe Töne geben, und verenget ſie in dem entgegengeſetzten Falle. Durch Verengung nähmlich werden ſie den gedeckten Pfeifen genähert, durch Erweiterung davon entfernt. Um beydes zu bewirken, bedient man ſich eines Apparats ab (Zeichn. 39.), welcher oben kegelförmig ſich verenget, unten ſich in einen hohlen Kegel erweitert. Man treibt den obern Kegel a in die Röhre, die man erweitern will, und drückt den untern hohlen b über die, welche verengt werden ſoll.

Noch einer Art, den Ton zu ändern, müſſen wir hier erwähnen; wir haben ſie allein der Erfahrung zu verdanken. An jeder Seite der Lefze wird nähmlich eine bleyerne Platte o und o (Zeichn. 40.) angebracht. Man nennt dieſe Platten die Ohren. Sind ſie ganz offen und an der Oberfläche der Röhre nach außen umgelegt: ſo hat die Pfeife den ihr angemeſſenen Ton, der ihrer Länge entſpricht; er wird dann immer tiefer, je mehr ſie gegen einander gebogen, und ſo einander genähert werden.

Alles ändert überdieß den Ton der Pfeife, was nur irgend die Schwingungen der Luft zu beſchleunigen oder zu verzögern im Stande iſt. Selbſt die Nachbarſchaft anderer Pfeifen iſt nicht ohne Einfluß. Nimmt man aus einer richtig geſtimmten Orgel einige Pfeifen heraus: ſo ſtimmen die nicht mehr, welche den heraus genommenen die nächſten waren.

Wenn der Boden einer gedeckten Pfeiſe eine Öffnung hat, und an dieſe ein engeres Röhrchen angebracht wird (wie in der Zeichn. 41.): ſo hat ſo eine Pfeiſe einen höheren Ton, als eine vollkommen gedeckte, und einen tiefern als eine vollkommen offene. Allein auch die Art des Klanges iſt verſchieden. Daher macht man von dergleichen Pfeiſen Gebrauch, nicht der Stimmung, ſondern der Mannigfaltigkeit des Klanges wegen, wenn man dieſer benöthigt iſt.

§. 594. Kann aber eine und dieſelbe in einer Röhre ſchwingende Luftſäule nur einen einzigen Ton geben? Keineswegs. Sie gibt einen höheren, wenn ſtärker angeblaſen wird. Offenbar theilt ſie ſich hier in mehrere Theile, welche gegen einander ſchwingen, und durch Schwingungsknoten getrennet ſind. Welche Töne ſind es aber, die durch dieſe Theilung entſtehen? — Drückt man den Zahlenwerth des tiefſten Tones durch 1 aus: ſo bilden die Zahlenwerthe der durch immer ſtärkeren Wind hervorgebrachten Töne bey einer gedeckten Pfeiſe die Reihe 1, 3, 5 u. ſ. w., bey einer offenen Pfeiſe aber die Reihe 1, 2, 3 u. ſ. w.

Die Erklärung dieſer Erſcheinung iſt folgende: Man muß ſich jede in einer Röhre ſchwingende nach außen liegende Luftſäule (nach §. 591. Zuſ. und §. 592. Zuſ.) als die Hälfte einer Luftwelle vorſtellen, dann iſt alles klar. Die Luftſäule in einer an einem Ende verſchloſſenen Röhre (Zeichn. 30.) iſt alſo die Hälfte einer Luftwelle. Wenn nun durch ein ſtärkeres Anblaſen ſich die Säule in die kleinſte Zahl von Theilen, alſo in zwey Theile theilt: was müſſen das für Theile ſeyn? Ein ganzer und ein halber, indem der äußere immer nur ein halber iſt. Die nächſtfolgende Theilung iſt dann in zwey ganze und einen halben Theil, die nächſte nach dieſer in drey ganze und einen halben ꝛc. Es verhalten ſich demnach die Größen der ſchwingenden Theile, wie umgekehrt ihre Anzahl, die Geſchwindigkeiten aber und demnach die Höhen der Töne, gerade ſo wie die Anzahl der Theile. Und dieſe iſt =

$$\frac{1}{2},\ 1\frac{1}{2},\ 2\frac{1}{2},\ 3\frac{1}{2} \ldots = \frac{1}{2},\ \frac{3}{2},\ \frac{5}{2},\ \frac{7}{2} \ldots = 1, 3, 5, 7 \ldots$$

Bey einer offenen Pfeiſe iſt dagegen an jedem Ende eine halbe Welle, alſo ſind es zuſammen zwey halbe Wellen; bey der nächſten Schwingung iſt in der Mitte eine ganze Welle, an jeder Seite eine halbe, alſo vier halbe Wellen; bey der nun folgenden zwey ganze und an jedem Ende eine halbe, alſo ſechs halbe ꝛc. Die Töne werden ſich demnach verhalten wie $2 : 4 : 6 : 8 : 10 = 1 : 2 : 3 : 4 : 5 \ldots$

Die Zeichnungen 42. a, b, c, d ſtellen die Eintheilungen der Luftſäule in einer gedeckten Pfeife vor, die Zeichnungen 43. a, b, c, d aber die Eintheilungen der Luftſäule in einer offenen Pfeife.

Die möglichen Töne ſind mithin (wenn man den tiefſten durch 1 ausgedrückten Ton $\underline{\mathrm{C}}$ nennen will) folgende: I. Bey einer offenen Pfeife: 1 = $\underline{\mathrm{C}}$, 2 = C, 3 = G, 4 = c, 5 = e, 6 = g, 7 = ais, 8 = $\overline{\mathrm{c}}$, 9 = $\overline{\mathrm{d}}$, 10 = $\overline{\mathrm{e}}$, 11 = $\overline{\mathrm{fis}}$, 12 = $\overline{\mathrm{g}}$, 13 = $\overline{\mathrm{as}}$, 14 = $\overline{\mathrm{ais}}$, 15 = $\overline{\mathrm{h}}$, 16 = $\overline{\overline{\mathrm{c}}}$, 17 = $\overline{\overline{\mathrm{des}}}$, 18 = $\overline{\overline{\mathrm{d}}}$ u. ſ. w. II. Bey einer gedeckten Pfeife: 1 = $\underline{\mathrm{C}}$, 3 = G, 5 = e, 7 = ais, 9 = $\overline{\mathrm{d}}$, 11 = $\overline{\mathrm{fis}}$, 13 = $\overline{\mathrm{as}}$, 15 = h u. ſ. w.

§. 595. II. Soll in einer Röhre ein Ton durch einen ungetheilten Luftſtrom (§. 589., Nr. 2.) hervorgebracht werden: ſo muß das Einblaſen der Luft durch eine engere Öffnung mit größerer Kraft geſchehen, als bey der geſpaltenen Luft. Dieſes iſt der Fall bey der Trompete, beym Waldhorn u. d. m. Die Tonhöhen durch immer ſtärkeren Wind bilden, wenn ſonſt kein Umſtand mitwirket, die im §. 594. angegebene Reihe.

Noch müſſen wir hier gelegenheitlich eines kleinen Inſtrumentes erwähnen, mittelſt deſſen die Jäger die Stimmen verſchiedener Thiere nachahmen. Es beſtehet aus einer gegen ihre Weite ſehr kurzen hölzernen oder bleyernen, an beyden Enden mit Platten geſchloſſenen, in der Mitte aber mit einer kleinen Öffnung verſehenen Röhre; ſie iſt nähmlich etwa 9 Linien weit, und etwa 4 Linien hoch. Sie wird zwiſchen die Lippen genommen, und je nachdem man ſtärker oder ſchwächer bläſt, gibt ſie verſchiedene Töne. Das Inſtrumentchen kann verſchieden in ſeiner Größe und Geſtalt abgeändert werden. Je weiter die Öffnung iſt, deſto tiefer iſt der Ton. Man ſieht daraus, daß bey einer gegen ihre Länge beträchtlich weiten Pfeife die Tonhöhe abhängt von der Größe und Lage des Mundloches und von der Art des Anblaſens (und iſt nicht zu vermengen mit §. 593., Zuſ.).

§. 596. III. Zungenpfeifen. Wenn ein ſchneller Strom von Luft irgend einen membranenartigen elaſtiſchen Körper zum Zittern bringt (§. 589., Nr. 3), ſo entſteht ein mehr oder weniger ſchnarrender Klang. Dieß iſt z. B. der Fall, wenn man ein Streifchen Papier zwiſchen den Fingern beyder Hände geſpannt hält und ſchnell hindurch bläſt. Es wird hier und in ähnlichen

Fällen dieſe zitternde Bewegung des Streifens der Luft mitgetheilt, und daher jener eigenartige Klang. Auf demſelben Grunde beruht die Einrichtung einer eigenen Art von Pfeifen, welche man Zungenwerke nennt, und die auch wohl Rohrwerke oder Schnarrwerke ſind genannt worden. Sie haben eine Vorrichtung, in welcher eine bewegliche Platte (z. B. ein Streifen von Meſſingblech) durch die einſtrömende Luft zum Oſcilliren gebracht wird. Man nennet ſie Zunge.

Die Zeichnung 44. bildet eine ſolche Vorrichtung ab. Die Theile derſelben ſind: 1) ein dünnes elaſtiſches Zünglein ab (etwa aus Meſſingblech), 2) ein rinnenförmig ausgehöhlter Körper rr (aus Meſſing oder Holz), an welchem das Zünglein befeſtigt iſt; 3) ein Pfropfen mit einem Loch in der Mitte, durch welches der rinnenförmige Körper ſammt dem anſchließenden Zünglein hindurchgeht. Dieſer Pfropfen ſteckt in einer Röhre mn und verſchließt ſie. Wird nun in die Röhre bey n geblaſen: ſo will der Luftſtrom ſich einen Weg bahnen. Das Zünglein wird gegen die Rinne angedrückt; kehrt durch eigene Elaſticität zurück, wird wieder angedrückt ꝛc. Es oſcillirt alſo, und bringt die Luft ebenfalls zum Oſcilliren. Die gewöhnlichen Mundſtücke geben einen ſchreyenden und rauhen Ton; der Grund davon iſt das Anſchlagen der Zunge an die feſte Maſſe des Mundſtückes. Hat aber die Rinne die Geſtalt eines Parallelepipeds mit ſcharfen Kanten und iſt die Zunge ein vollkommener ebener rechtwinkeliger Streifen (Z. 45.), der die Öffnung des Mundſtückes beynahe ausfüllt: ſo wird beym Einblaſen der Luft die Zunge zuerſt in die Röhre hineingetrieben, kehrt aber vermöge ihrer Elaſticität wieder zurück; und dieſes Spiel wiederhohlt ſich beym fortgeſetzten Luftſtrome, ohne irgendwo anzuſchlagen; wodurch auch die oben bemerkte Rauhheit des Tones verſchwindet. —

Die Zungenwerke gewähren den Vortheil, daß durch Verſtärkung oder Schwächung des Windes es möglich wird, den Ton zu verſtärken oder zu ſchwächen, ohne ſeine Höhe zu ändern, was bey Flötenwerken nicht Statt findet.

§. 597. Bey einer Zungenpfeife hängt die Höhe des Tones ab von der Schnelligkeit der Oſcillation der Zunge, mithin von der Elaſticität derſelben. Eine Zunge aus einem beſtimmten Material und von beſtimmter Biegſamkeit gibt daher einen um ſo höheren Ton, je kürzer der ſchwingende Theil

derſelben iſt. So eine Zunge gibt ſchon an und für ſich einen Ton; wie z. B. bey der ſogenannten Mundharmonika. Man ſetzt indeſſen Röhren an das Mundſtück, durch welche der Ton voller wird. Die Länge der angefügten Röhre iſt nicht ganz gleichgültig; es ſchickt ſich am beſten dazu eine ſolche, die ſchon ſelbſt dem Tone angemeſſen iſt, welchen die Zunge hervorbringen ſoll. Aus Verſuchen geht nähmlich hervor, daß die Länge der in Vibration zu ſetzenden Luftſäule auf die Vibrationen der Zunge einwirkt, wenn auch nicht ſo ſtark, wie dieſe auf jene.

Auf der mit der Verkürzung der Zunge wachſenden Schnelligkeit ihrer Vibrationen gründet ſich das Verfahren, die Zungenpfeife auf den gehörigen Ton zu ſtimmen. Zu dieſem Zwecke dient ein Eiſendraht s s (Z. 44.), der an der Seite des Züngleins durch den Pfropfen p durchgeht, von dem Zünglein in der Quere und ſo gebogen iſt, daß er dienen kann das Zünglein an die Rinne anzudrücken. Man ſieht nun, wie ſo eine Pfeife geſtimmt wird. Je tiefer man nähmlich dieſen Draht hineindrückt, deſto näher liegt der Punct, an den das Zünglein angepreßt wird, an dem freyen Ende desſelben, deſto kürzer iſt daher deſſen ſchwingender Theil, deſto höher der Ton.

Über die für eine beſtimmte Zunge nöthige Länge der Röhre hat Biot Verſuche angeſtellt. Genauer noch iſt darüber folgendrr Verſuch von dem jüngern Weber. Ein Zungeninſtrument, welches, ohne eine längere Röhre den Ton $\bar{\bar{g}}$ gab, wurde nach und nach mit immer längeren Röhren verbunden. Der Ton ward immer tiefer, bis eine Röhre von etwas mehr als 16 Zoll angefügt wurde; nun gab es wieder den Ton $\bar{\bar{g}}$. Bey neuer Verlängerung der Röhre ward der Ton immer tiefer; bey einer Röhre von 33 Zoll ward nochmahls $\bar{\bar{g}}$ hervorgebracht. Die Luftſäule theilte ſich hier offenbar in Theile, die den Vibrationen angemeſſen waren. Nennt man die urſprüngliche Länge der Pfeife l, die zweyte größere Länge $l + \lambda$ (bey welcher nähmlich der beſtimmte Ton wiederkehrt): ſo wird derſelbe Ton auch wiederkehren bey den Längen $l + 2\lambda$, $l + 3\lambda$ u. ſ. w. —

Auch die Geſtalt der Röhren, welche angeſetzt werden, iſt nicht gleichgültig. Die ſtärkſten Töne geben die coniſch ſich nach außen erweiternden (trompetenartigen). Bey den ſich verengernden wird der Klang dumpf. Die beſte Wirkung will man bey Röhren beobachtet haben, welche von zwey an den Grundflächen an einander gefügten Kegeln gebildet werden (wie Zeichnung 46.).

§. 598. In allen den bisher betrachteten Fällen der Luftſchwingungen hängt übrigens die Tonhöhe auch ab von der Elaſticität der Luft. Daher gibt wärmere Luft, wenn alles Übrige gleich iſt, einen etwas höheren Ton als kältere. Ferner gibt auch bey demſelben Wärmegrade in einer und derſelben Pfeife eine Luftgattung, deren ſpecifiſche Elaſticität größer iſt als die der atmoſphäriſchen Luft, höhere Töne.

Daß Inſtrumente, die zuſammen geſtimmt worden ſind, ſich verſtimmt zeigen, wenn die Temperatur des Ortes ſich bedeutend ändert, iſt eine bekannte Sache. Die Erwärmung hat übrigens bey Saiteninſtrumenten nothwendigerweiſe die umgekehrte Wirkung, als bey Blasinſtrumenten, indem die Saiten ſich durch die Wärme verlängern, mithin an Spannung verlieren.

Um Verſuche über das Tönen verſchiedener Luftgattungen anzuſtellen, wird eine mit der fraglichen Luftart (z. B. dem Sauerſtoffgas) gefüllte Blaſe an eine Pfeife geſchraubt, die Pfeife aber durch den luftdichten Stöpſel eines Recipienten, der mit derſelben Luftart gefüllt iſt, durchgeſteckt. Durch das Zuſammendrücken der Blaſe kömmt die Pfeife zum Anſprechen. Man hat durch ähnliche Verſuche gefunden, daß Waſſerſtoffgas höher tönt als atmoſphäriſche Luft, Sauerſtoffgas tiefer, kohlenſaures Gas noch tiefer. Sonderbar iſt es, daß Stickgas auch etwas tiefer tönt, als gemeine Luft, ungeachtet deſſen ſpecifiſche Elaſticität größer iſt. Es muß demnach hier noch ein Umſtand von Einfluß ſeyn. — Wird Waſſerſtoffgas eingeathmet: ſo wird (nach zufälligen Verſuchen von Maunoir und Paul in Genf) die Stimme pfeifend.

§. 599. Aus dem Vorhergehenden erklären ſich im Allgemeinen die Erſcheinungen der verſchiedenen Blasinſtrumente. Manche derſelben ſind mit Mundſtücken verſehen, gehören mithin zu den Zungenpfeifen (z. B. das Hautbois und die Clarinette). Das Rohrmundſtück (Zeichn. 47.) wird in den Mund genommen, und durch die Lippen mehr oder weniger zuſammengedrückt, je nachdem der verlangte Ton es nöthig macht. Andere gehören zu der Claſſe der eigentlichen oder Labialpfeifen, wie z. B. die gemeine Pfeife, die Flöte, nur daß bey der letzteren die Luft durch das Seitenloch l (Zeichn. 48.) eingeblaſen wird. Hier wird durch den Mund jener ſchmale Luft-

ſtrom bewirkt, der zum Anſprechen der genannten Pfeifen erforderlich iſt. In noch anderen (wie z. B. in dem Waldhorn, Poſthorn, der Trompete) wird die Luft mittelſt ſchnellen Einblaſens durch eine bedeutend engere Öffnung zum Schwingen gebracht, ohne daß hier eine eigene Vorrichtung zur Bewirkung eines ſchmalen Luftſtromes vorhanden wäre. — Alle dieſe Inſtrumente ſind als offene Röhren anzuſehen, und können mithin an und für ſich nur diejenigen Töne geben, welche durch ſtärkeres oder ſchwächeres Anblaſen in offenen Pfeifen hervorgebracht werden (§. 594.). Bey manchen derſelben aber wird auch die Tonhöhe durch Verlängerung oder Verkürzung der ſchwingenden Luftſäule beſtimmt. Dazu bedient man ſich theils der an der Röhre angebrachten Seitenlöcher (wie an der Flöte, am Hautbois, am Fagotte), durch deren Öffnung oder Schließung die Luftſäule verkürzt oder verlängert wird; — theils eines Auszuges, durch deſſen verſchiedene Stellung die Röhre, wie die eines Fernrohres, wirklich länger oder kürzer wird (was z. B. an der Poſaune Statt findet); — theils endlich dient das ſogenannte Stopfen (Eingreifen der Hand in die offene Mündung des Rohres) dazu, die offene Röhre einer gedeckten mehr oder weniger ähnlich zu machen, und dadurch eine Veränderung der Tonhöhe zu bewirken, wie dieſes bekanntlich am Waldhorn der Fall iſt.

Zu einiger Erläuterung dieſes Gegenſtandes wollen wir ſowohl A. über Inſtrumente mit Seitenlöchern, als B. über die ohne dieſelben noch einige Worte beyfügen.

A. Als Beyſpiel der erſtern möge die Flöte dienen. Dieſes Inſtrument, als eine offene Pfeife von einer gewiſſen Länge betrachtet, kann, wenn alle Löcher zu ſind, bloß diejenigen Töne geben, die durch immer mehr verſtärkten Wind entſtehen, die nähmlich durch 1, 2, 3 ausgedrückt werden, alſo den Grundton, die Octave, die Quinte, die Doppeloctave u. ſ. w. Durch Öffnung eines oder mehrerer Löcher aber entſteht, weil nun die Luftſäule verkürzt wird, auch bey dem ſchwächſten Winde, alſo bey der einfachſten Schwingung, ein höherer Ton als der vorige Grundton; bey der Öffnung des unterſten Loches nähmlich die Secunde, bey Öffnung zweyer Löcher die Terz u. ſ. w.

Ferner gibt die Flöte durch ſtärkeres Anblaſen denjenigen Ton,

der durch die Theilung der Luftſäule entſteht; mithin bey Schließung aller Löcher die Octave des Grundtones, bey Öffnung eines Loches die Octave der Secunde u. ſ. w. Man ſieht daraus, wie durch Öffnung und Schließung der Löcher und durch verſchiedenes Anblaſen Töne von ſehr verſchiedenen Höhen entlocket werden. Für die Zwiſchentöne iſt ſie mit noch mehr Löchern als jenen ſechs angeführten verſehen. Zur bequemen Bewerkſtelligung des Öffnens und Schließens der Löcher dienen die Klappen, die in der Zeichnung 48. weggelaſſen ſind. Übrigens wird mancher Ton hervorgebracht, wenn bloß eines der oberen Löcher geöffnet wird, und die unteren geſchloſſen bleiben. Wäre die Röhre bey dem geöffneten Loche abgeſchnitten: ſo müßte ſie ohnedieß den Ton geben, der ihrer Länge bis zu dieſem Puncte entſpricht, ſie wäre nähmlich dann als eine ganz offene Pfeife anzuſehen. Dieſes iſt ſie aber nicht vollkommen, ſondern eine zum Theil geſchloſſene. Wie ſehr aber jeder Umſtand auf die Tonhöhe einer Pfeife einzuwirken im Stande ſey, iſt bereits (im §. 593., Zuſ.) bemerket worden. Es iſt mithin nicht gleichgültig, ob unter dem geöffneten Loche ſich noch eine Fortſetzung der Röhre befindet, und auch nicht, ob dieſer Röhrenanſatz ganz geſchloſſen, oder auch an ihm ein oder mehrere Löcher geöffnet ſind. Welcher Ton übrigens durch die Öffnung irgend eines der mittleren Löcher entſtehe, wie mancher Ton auf zweyerley Weiſe bewirkt werden könne u. d. m. gehört nicht mehr zu der bloß theoretiſchen Betrachtung dieſes Inſtrumentes. Nur ſo viel ſoll noch bemerkt werden, daß eben aus dem Umſtande, weil die Flöte nur bey Schließung aller Löcher als eine ganz offene Pfeife angeſehen werden, bey Öffnung eines Loches aber (wie ſchon iſt erinnert worden) der Ton nicht der Länge vom Mundloche bis zu dem geöffneten vollkommen entſprechen kann, ſich die Folge ergibt, daß die Abſtände der Löcher vom Mundloche nicht in demſelben Verhältniſſe abnehmen, wie die Saitenlängen am Monochorde, um die Töne der diatoniſchen Tonleiter zu geben. Auch iſt die G r ö ß e der Löcher keineswegs gleichgültig. Beydes iſt durch die Erfahrung mittelſt vieler Proben beſtimmt worden.

B. Als Beyſpiel eines Blasinſtrumentes ohne Seitenlöcher diene das W a l d h o r n ohne Klappen. An dieſem können natürlicherweiſe auch nur diejenigen Töne hervorgebracht werden, die von der verſchiedenen Stärke des Windes abhängen, mithin bloß diejenigen, deren Zahlen die Reihe 1, 2, 3... bilden. Geſetzt demnach der tiefſte Ton wäre $\underline{C}$, ſo iſt der nächſt C, der folgende G u. ſ. w. (§. 594. Zuſ.). Und dennoch werden auf dem W a l d h o r n e a u c h o h n e K l a p p e n alle Töne einer Octave erhalten. Dieſes wird möglich da-

durch, daß man nicht die Töne der erſten Octave 1, 2, 3 ..., ſondern durch gehöriges Anblaſen die ſpäteren, einander näher liegenden, wie z. B. die Töne 8, 9, 10 ... (c, d, e ꝛc.) hervorzubringen ſucht. Übrigens werden durch das bereits erwähnte Stopfen die Töne, die dem Inſtrumente natürlich, aber nicht brauchbar ſind, auf die Werthe derjenigen zurückgeführt, deren man bedarf.

### Die menſchliche Stimme.

§. 600. **Auch bey der menſchlichen Stimme iſt die Luft der ſchallende Körper** (§. 587.). Die Organe zur Bildung derſelben ſind die Lunge und die Luftröhre (trachea), beſonders der obere Theil der letztern, Luftröhrenkopf (larynx) genannt. Die Luftröhre iſt ein aus Ringen zuſammengeſetzter Kanal, durch welchen wir die Luft aus- und einathmen. Sie läßt ſich etwas verkürzen und verlängern. Der Luftröhrenkopf iſt etwas weiter als die Luftröhre, iſt beweglich, und in ihm befinden ſich zwey halbkreisförmige Membranen, deren convexe Ränder mit den innern Wänden der Röhre verbunden ſind, deren geradlinige Ränder aber einander genau berühren. Sie können ſich indeſſen mehr oder weniger von einander entfernen, und bilden dann eine bald größere bald kleinere linſenförmige Öffnung, welche Stimmritze (glottis) genannt wird. Die halbzirkelförmigen Membranen heißen Kehlbänder (ligamenta glottidis). Überdieß iſt der Luftröhrenkopf mit einem beweglichen Deckel verſehen, der ſich ganz über die Stimmritze legen, oder auch mehr oder weniger erheben läßt. Das ſind nun die zur Bildung der Stimme dienenden Organe; zur Modification derſelben dagegen dient der hohle Mund mit den biegſamen Lippen und der beweglichen Zunge, dann die Naſe. — Die Verrichtung der genannten Organe beſteht im Folgenden. Beym Ausathmen geht die Luft aus der Lunge durch die Luftröhre und die Stimmritze in den Mund. Iſt die Stimmritze hinlänglich offen, ſo ſtrömt die Luft ungehindert durch, und es entſteht nur der unbedeutende Schall des Athmens. Wird dagegen durch Anſpannung der Kehlbänder die Stimmritze verengert, und die Luft mit einiger Gewalt durchgepreßt: ſo er-

zittern dieſe Kehlbänder und theilen ihre zitternde Bewegung der Luft mit. Auf dieſe Art entſteht die einfache Stimme. Den genannten oſcillirenden Bewegungen der Luft werden nun nach Belieben des Sprechenden mittelſt der Zunge, der Lippen, der Zähne u. d. m. verſchiedene Hinderniſſe entgegengeſetzt, und ihrem Durchgange ſehr verſchieden geſtaltete Öffnungen dargebothen, wodurch der Schall ſo modificirt wird, daß diejenigen mannigfaltigen Laute entſtehen, welche man die articulirten Töne zu nennen pflegt. Je enger übrigens die Stimmritze wird, je mehr nähmlich die oſcillirenden Kehlbänder geſpannt werden, deſto höher iſt der muſikaliſche Ton der Stimme, denn deſto ſchneller ſchwingen die genannten Membranen. Auch die Verkürzung der Luftröhre vermag wohl den Ton etwas zu ändern, und vielleicht auch der Grad der Schnelligkeit, mit der die Luft durchgepreßt wird. — Jene Verkürzung und Verlängerung geſchieht durch das Aufheben und Niederdrücken des Kehlkopfes; wie man dieſes auch von außen bemerken kann.

Daß der Mechanismus der Stimmwerkzeuge einiges Ähnliche mit einer Zungenpfeife, oder mit den (im §. 599., Zuſatz beſchriebenen) Blasinſtrumenten mit einem freyen Mundſtücke habe, dringt ſich dem Beobachter beynahe auf. Die Bruſt dient hier als Blaſebalg, die Luftröhre als Windrohr, die Stimmritze als das Mundſtück, der Mund endlich dient zum Ausſtrömen der Luft. Die Stimme kann bey einer nicht bedeutenden Länge der Stimmröhre bedeutend tiefe Töne geben; eben ſo eine unbedeutend lange Zungenpfeife, wenn nur das Zünglein langſam ſchwingt. Wird aber dieſes nur wenig verkürzt und dadurch die Schwingungsbewegung ſchneller, ſo wird der Ton höher. Eben dieſes mag geſchehen durch ſchnelleres Schwingen der Kehlbänder bey Verkleinerung der Stimmritze. — Savart indeſſen glaubt hier mehr Ähnlichkeit zu finden mit einer kurzen offenen Pfeife, deren Wandungen elaſtiſch ſind. Eine ſolche Pfeife iſt nähmlich weit tieferer Töne fähig, als eine mit feſten Wänden. Ferner kann allerdings dort, wo die Luft durch enge Öffnungen ſehr ſchnell hervorgetrieben wird, der Grad der Schnelligkeit einen Einfluß auf die Tonhöhe haben, wie z. B. bey dem Jägerpfeifchen (§. 595., Zuſ.), bey dem Flöten mit dem Munde ꝛc. Die Modificationen der Laute durch Zunge, Lippen u. d. m. finden bey den Blaſeinſtrumenten, mögen ſie von welcher Art immer ſeyn, natürlicher Weiſe nicht Statt. Indeſſen hat

man verſucht einen Mechanismus zuſammen zu ſetzen, mittelſt deſſen man auch die articulirten Töne einiger Maßen hat nachahmen wollen. Ein Verſuch dieſer Art iſt die Sprachmaſchine von Kempelen. (Eine ausführliche Nachricht davon gibt folgende Schrift: Wolfgangs von Kempelen, k. k. wirkl. Hofrathes, Mechanismus der menſchlichen Sprache, nebſt Beſchreibung ſeiner ſprechenden Maſchine. Wien 1791.)

Wir haben in der Beſchreibung der Stimmwerkzeuge nur ganz kurz die Haupttheile und ihre Verrichtungen anzuzeigen geſucht. Die vollſtändigere Angabe von allem hierher Gehörigen iſt ein Geſchäft der Anatomie und Phyſiologie. Hier muß jene kurze Angabe genügen; dennoch wollen wir einige Worte noch hinzufügen. — Es ſind zwey Bruſthöhlen, in jeder befindet ſich eine Lunge. Dieſe letztern beſtehen aus Bläschen und Zellen, welche beſtimmt ſind Luft einzunehmen. Werden ſie durch das Zwerchfell und die Rippen mittelſt eigener Muskeln zuſammengedrückt: ſo wird die in ſie bey der vorhergegangenen Ausdehnung eingedrungene Luft wieder ausgeſtoßen. Was die Luft in den Lungen für eine chemiſche Veränderung erleide, gehört nicht hierher, indem hier nur die Schwingungsbewegung derſelben in Betracht kömmt; auch iſt ſchon an einem andern Orte (§. 447., Zuſatz) kürzlich angemerkt worden, worin der mechaniſche und chemiſche Proceß des Athmens beſtehe. — Der cylindriſche, etwas zuſammengedrückte Kanal, der die Luftröhre genannt wird, beſteht aus zwölf bis zwanzig Knorpeln, beynahe von der Geſtalt eines lateiniſchen C, welche horizontal über einander, jeder von dem andern etwa um zwey Linien entfernt, liegen, und mittelſt einer ligamentöſen Maſſe zuſammen verbunden ſind. Die Ringe ſchließen ſich alſo rückwärts nicht. Die Luftröhre theilt ſich unten gabelförmig in zwey Äſte, deren jeder in eine Lunge tritt. Hier verliert jeder ſein knorpelichtes Weſen, wird häutig, theilt ſich in immer kleinere Zweige und endet ſich zuletzt in den Luftzellen. Manche ſind der Meinung, daß jedes Kanälchen der Luftröhre ſich in einem Bläschen ende. — Der Luftröhrenkopf beſteht aus Knorpeln, Muskeln, Bändern und Membranen. Daß er beweglich ſey, iſt ſchon erinnert worden. Seine vorwärts gekehrte Seite ragt etwas hervor, und bildet den ſogenannten Adamsapfel, der beym Sprechen und Schlucken ſich hebet und ſenket. — Der Kehldeckel iſt ein elaſtiſcher Knorpel von der Geſtalt einer kleinen Zunge. Mit dem breiten Ende iſt er vorwärts feſt; mit dem zugeſpitzten kann er ſich rückwärts über die Öffnung des Luftröhrenkopfes legen. So wird er ein Schirm für die Stimmritze, und ein um ſo mehr noth-

wendiger Schirm, weil die Schlundröhre hinter der Luftröhre liegt, und daher Speiſe und Trank über die letztere ihren Weg nehmen müſſen.

Der Umfang der menſchlichen Stimme überhaupt umfaßt etwa drey Octaven: die tiefere Männerſtimme etwa von G (sol) zu $\overline{\text{f}}$ ($\text{fa}_3$). die Frauenſtimmen etwa von $\overline{\text{d}}$ ($\text{re}_3$) bis $\overline{\overline{\text{a}}}$ ($\text{la}_4$). Eine und eben dieſelbe Stimme hat nicht leicht einen Umfang über zwey Octaven an vollen richtigen Tönen. — Warum haben Frauen und Kinder eine höhere Stimme als Männer? Weil bey jenen der Luftröhrenkopf verhältnißmäßig kleiner und die Stimmritze weit kürzer iſt. Bey erwachſenen Mannsperſonen wird dieſe beynahe doppelt ſo groß, als ſie eine kurze Zeit vor der Stimmveränderung geweſen iſt. — Der Umfang der Stimme hängt ab von der Dicke der Kehlbänder, und von der Kraft, mit der die Luft aus den Lungen ausgehauchet wird. Auf die Annehmlichkeit der Stimme aber haben Einfluß die gehörige Glätte und Feuchtheit aller Theile, eine gewiſſe Zartheit und Biegſamkeit, und das gehörige Verhältniß derſelben gegen einander. Alles dieſes iſt einer äußerſt großen Verſchiedenheit fähig, iſt auch äußerſt verſchieden bey den verſchiedenen Individuen. Daher denn auch die wunderbare Mannigfaltigkeit der Stimmen, und daher es auch manchem Menſchen möglich wird, fremde Organe mit Leichtigkeit nachzuahmen.

Die Stimme hat in dem Munde zwey Durchgänge, einen innern, den die Zunge mehr oder weniger ſchließen kann, einen äußeren, den die Lippen öffnen oder ſchließen. Durch die Verengerung oder Erweiterung des einen oder des andern, oder beyder Wege, werden die Laute gebildet, welche man Vocale nennt. Sieben dieſer Laute werden von jedermann leicht unterſchieden, nähmlich a, e, ö, i, o, u, ü. Allein es gibt offenbar ein doppeltes o, eines kommt dem a, das andere dem u näher; auch das e iſt zweyerley, eines ein reines e, oder unſer ä, ein anderes dem i näher. Selbſt das ö läßt ſich auf zweyerley Art ausſprechen, eines wird dann näher dem tiefern e, das andere dem ü einigermaßen verwandt. Alle zuſammen wären demnach zehn. Sie bilden vom a aus, bey welchem ſowohl das Äußere als das Innere des Mundes offen bleibt, folgende drey Reihen:

| | | |
|---|---|---|
| A | $o_1$, $o_2$, u | durch immer größere Verengerung des Äußern, |
| | ä, e, i | — — — — — Innern, |
| | $ö_1$, $ö_2$, ü | — — — — — Äußern und Innern. |

Diphthongen entſtehen durch Zuſammenſprechung zweyer Vocale in einer Sylbe; ihrer kann es, wie jedermann ſieht, ſehr viele geben. Die Laute endlich, welche man Conſonanten zu nennen pflegt, entſtehen durch die oben erwähnten Hinderniſſe, welche der Stimme durch Zunge, Lippen ꝛc. entgegengeſetzt werden. Daher auch ihre Nahmen; als: Lippenlaute, Zungenlaute, Gaumenlaute ꝛc. (Mehr darüber in Kempelen's oben angeführter Schrift, in des D. Liskovius Theorie der Stimme, in Olivier's orthoepographiſchem Lehrbuche, auch in Chladni's neuen Beyträgen zur Akuſtik.)

Auf eine im Weſentlichen ähnliche Art, wie die menſchliche Stimme, wird auch die der Thiere gebildet. Indeſſen haben nicht alle Thiere eine Stimme; nur denen mit Lungen, alſo den Säugethieren, den Vögeln und Amphibien mit vier Füßen wurde ſie verliehen. Das Geräuſch, welches manche Fiſche und Inſekten durch Reibung gewiſſer Theile hervorbringen (wie z. B. die Grille) gehört nicht hierher. Wie Vieles iſt indeſſen auch den mit wirklicher Stimme begabten Thieren verſagt, was eine bey weitem vollkommnere Organiſation dem Menſchen gewährt, alle jene unzähligen Modifieationen der Laute nähmlich, welche nur bey der ſo wunderbar mannigfaltigen Biegſamkeit und Beweglichkeit der Zunge, der Lippen und des ganzen Mundes möglich ſind. Die Säugthiere haben (dem Menſchen darin ähnlich) die Stimmritze oder der Kehlöffnung; eben ſo die Amphibien. Bey den Vögeln aber befindet ſich die Stimmritze beynahe am Ausgange der Lunge und anfangs der Luftröhre. Dieſe iſt bey den Vögeln verhältnißmäßig länger als bey den Säugethieren. Ferner hat die Luftröhre nicht bey allen Vögeln dieſelbe Geſtalt. Bey manchen iſt ſie kegelförmig (dieſe haben meiſtens eine helltönende Stimme); bey manchen hat ſie an gewiſſen Stellen Ausbäuchungen. Die Luftröhre der Singvögel iſt walzenförmig und aus feinen Ringen beſtehend.

### Die ſogenannte chemiſche Harmonika.

§. 601. Noch müſſen wir hier eines durch Luftſtrömung hervorgebrachten Klanges gedenken; es iſt derjenige, welcher unter dem Nahmen der chemiſchen Harmonika bekannt iſt. Wenn man nähmlich aus einem Gefäße, worin brennbare Luft entwickelt wird, dieſe durch eine enge Röhre austreten läßt, ſie entzündet, dann über die Flamme eine etwas weite Röhre ſtürzt, ſo, daß das Flämmchen in dieſer brennt: ſo ent-

ſteht ein eigenartiger Klang. Man erklärt dieſe Erſcheinung aus der Strömung der atmoſphäriſchen Luft in die Röhre; denn durch die Verbrennung des brennbaren Gaſes wird ein Theil der atmoſphäriſchen Luft verzehrt. Um dieſen zu erſetzen ſtrömt neue Luft in die Röhre, und dieſe bringt die in der Röhre enthaltene Luftſäule in longitudinale Schwingung.

Daß ein Theil der atmoſphäriſchen Luft durch die Verbrennung verzehrt werde, folgt aus der Theorie des Verbrennungsproceſſes, der (nach den Lehren der Chemie) in der Verbindung des brennbaren Stoffes (hier alſo des Waſſerſtoffes) mit dem Sauerſtoffe beſteht, welcher letztere in der Atmoſphäre in Gasform enthalten iſt, und unter dem Nahmen des Sauerſtoffgaſes oder der Lebensluft einen Hauptbeſtandtheil der atmoſphäriſchen Luft ausmacht.

Bey der Anſtellung des angegebenen Verſuches iſt einige Vorſicht nöthig; denn die brennbare Luft bildet mit der atmoſphäriſchen eine Miſchung, welche bey genäherter Flamme ſich ſchnell durch und durch entzündet und eine heftige Exploſion verurſacht. Man muß demnach mit dem Anzünden des aus dem Röhrchen tretenden Stromes ſo lange warten, bis die in dem Entbindungsgefäße enthaltene atmoſphäriſche Luft durch die ſich entwickelnde brennbare ganz ausgetrieben iſt. Zur Entwickelung der letzteren dient am beſten verdünnte Salzſäure, worein geraſpelter Zink gethan wird. Als Röhrchen kann eine Barometerröhre dienen, die durch einen Korkſtöpſel geſteckt wird, mit dem man die Entbindungsflaſche verſchließt; oder eine eben ſo angebrachte Röhre einer Köllner Pfeife, von welcher man den Kopf abgebrochen hat. Die Röhre muß nicht zu tief in die Flaſche reichen, auch dieſe letztere nicht allzu niedrig ſeyn. Es iſt gut, wenn die Barometerröhre unten etwas weit iſt, aber koniſch ſich verengt. Das Flämmchen muß klein ſeyn und ruhig brennen, es kann übrigens ziemlich tief in der darüber geſtürzten weitern Röhre ſich befinden; es hängt dieſes von der Länge und Weite derſelben ab, und wird leicht durch eine Probe gefunden.

### Von der Stärke des Schalles.

§. 602. Nachdem wir die verſchiedenen Claſſen der urſprünglich ſchallenden Körper und ihre Schwingungen betrachtet haben, iſt es noch nöthig, einige Worte eigens über die Umſtände beyzufügen, durch welche die Stärke des Schalles beſtimmt wird. Es ſind folgende:

1) Die Größe der Excurſionen des oſcillirenden Körpers. Je größer dieſe ſind, deſto ſtärker iſt der Schall. So z. B. ſchallt eine Saite deſto ſtärker, je ſtärker ſie geriſſen oder geſtrichen wird; eine Glocke, je ſtärker ſie geſchlagen wird u. ſ. w. — 2) Die Menge der Schwingungen in derſelben Zeit. Wenn alles Übrige gleich iſt, ſind höhere Töne ſtärker als tiefere. So z. B. ſchallt aus zwey gleich langen und gleich dicken Saiten diejenige ſtärker, welche ſtärker geſpannt iſt, mithin ſchneller ſchwingt. — 3) Die ſchallenden Maſſen, mit deren Größe der Schall zunimmt, wenn alles Übrige gleich bleibt. So z. B. ſchallt aus zwey gleich langen auf denſelben Ton geſtimmten Saiten die dickere ſtärker. Will man demnach zwey durch Saiten hervorgebrachte verſchiedene hohe Töne von möglichſt gleicher Stärke haben: ſo muß für den höhern Ton eine dünnere und kürzere Saite genommen werden, was auch bey den muſikaliſchen Saiteninſtrumenten der Fall iſt.

Übrigens hängt auch die Stärke des Schalles ab von dem Fortpflanzungsmittel desſelben und von der Entfernung, in welcher der Zuhörer ſich von dem ſchallenden Körper befindet. Davon indeſſen wird ſpäter eigens geſprochen werden. Eben ſo wird eigens davon die Rede ſeyn, wie der Schall eines Körpers durch das Mitklingen anderer verſtärkt werden könne.

## B. Mittheilung der Schwingungen und darauf beruhende Erſcheinungen.

§. 603. Daß durch die Schwingungen eines ſchallenden Körpers auch andere mit ihm in Verbindung ſtehende in eine ähnliche Bewegung verſetzt werden können, davon war ſchon früher an mehreren Orten gelegenheitlich die Rede, wie z. B. bey Erklärung der Zungenpfeifen (§. 596.), bey dem Verſuche, einen Stab oder eine Scheibe durch ein mit ihm verbundenes und geſtrichenes Glasröhrchen zum Klingen zu bringen (§. 582.) u. d. m. Hier ſoll eigens davon geſprochen werden. Wir wollen dieſemnach 1) aus Erfahrungen im Allgemeinen zu

beſtimmen ſuchen, welche Schwingungen ein Körper dem andern mittheile; 2) ſoll aus der nähern Betrachtung dieſer Mittheilung die Fortleitung des Schalles durch verſchiedene Körper erklärt werden; 3) ſoll gezeigt werden, wie dieſe Mittheilung zur Verſtärkung des Schalles beytrage, und mithin auch abſichtlich dazu benützt werden könne.

### 1. Allgemeinere Erfahrungen.

§. 604. Wenn ein Körper A ſeine Schwingungsbewegung einem andern Körper B mittheilt: ſo geſchieht es, der Erfahrung zu Folge, dergeſtalt, daß die Theile des durch Mittheilung ſchwingenden Körpers B nach ſolchen Richtungen ſchwingen, welche parallel ſind denen des urſprünglich ſchwingenden. Auf dieſe Weiſe können durch transverſale Schwingungen des Körpers A transverſale oder longitudinale in dem Körper B erregt werden, und eben ſo durch longitudinale Schwingungen des Körpers A longitudinale oder transverſale in dem Körper B; es kommt hier bloß auf die Art an, wie beyde Körper mit einander in Verbindung ſtehen. Geſetzt man verbinde zwey Kreisſcheiben A und B (Zeichn. 49.) in derſelben Ebene, beſtreue beyde mit Sand und ſtreiche die eine mit dem Geigenbogen: ſo kommen beyde in Transverſalſchwingung, wie die Bewegung des Sandes zeigt. Sind ſie zugleich von gleicher Größe, Dicke und Elaſticität: ſo geben ſie auch dieſelbe Klangfigur, und zwar die in der Zeichnung angegebene, wenn A in dem Mittelpuncte gehalten und in F geſtrichen wird. Wird ein kurzes Glasſtänglein an zwey Scheiben in ihren Mittelpuncten gekittet, daß ihre Flächen auf dem Stänglein ſenkrecht ſtehen, folglich mit einander parallel ſind (Z. 50.); werden dann beyde, indem man das Stänglein lothrecht hält, mit Sande beſtreut, und wird eine derſelben mit dem Geigenbogen geſtrichen: ſo kommt ſie und die andere in transverſale Schwingung, wie gleichfalls die Bewegung des Sandes zeigt. Die geſtrichene Scheibe bringt hier das Stänglein in longitudinale, und dieſes wieder die zweyte Scheibe in transverſale Schwingung. Sind beyde Scheiben von gleicher Größe, Dicke und Elaſticität: ſo zeigen ſich an beyden dieſel-

ben Klangfiguren. Iſt dieſes nicht der Fall, ſo können die Figuren verſchieden ſeyn.

Mehrere Verſuche, dieſen Gegenſtand betreffend. — 1) Auf einer feſten Unterlage werden zwey Bretchen B, B′ (Z. 51.) aus Fichtenholz befeſtiget, dann ein drittes dünnes Bretchen b parallel mit der Unterlage, aber kürzer als dieſe, an B angefügt und mittelſt einer geſpannten Saite s mit dem Bretchen B′ verbunden. Das Bretchen b wird mit Sande beſtreut, dann die Saite s mittelſt eines Violinbogens geſtrichen. Geſchieht der Strich parallel mit der Oberfläche von b: ſo deutet die Bewegung des Sandes auf Schwingungen des Bretchens in der Richtung m n, mithin auf longitudinale oder tangentiale. Geſchieht dagegen der Strich ſenkrecht auf m n, ſo deutet die Bewegung des Sandes auf transverſale Schwingungen desſelben Bretchens b. Die Saite ſchwingt in beyen Fällen transverſal, verſetzt aber das Bretchen bald in die eine Art der Schwingungsbewegung, bald in die andere.

2) Wie ſowohl transverſale als longitudinale Schwingung beyde Arten von Schwingungsbewegung einem zweyten Körper mittheilen könne, zeigt ſich vorzüglich an Verſuchen mittelſt eines Syſtemes von flachen Stäben, wie es durch die Zeichnung 52. angedeutet wird. Mit dem Glasſtreifen A B ſind nähmlich beliebig viele a b, a′ b′ u. ſ. w. mittelſt der ſenkrechten c, c′, c′′ u. ſ. w. verbunden. Wird nun A B in transverſale Schwingung verſetzt, ſo ſchwingen alle mit ihm parallelen auch transverſal, die verticalen aber longitudinal, wie die Richtung der Pfeile es anzeigt. Wird dagegen A B in longitudinale Schwingung verſetzt: ſo geſchehen die Schwingungen nach der Richtung der Pfeile in der Zeichnung 53.

Den Klangfiguren, welche an den durch Mittheilung klingenden Körpern ſich zeigen, hat man den Nahmen der ſecundären, oder den der Reſonanzfiguren gegeben. Daß ſie denen des urſprünglich klingenden Körpers nur ſelten ähnlich ſeyn können, iſt an ſich klar. So z. B. wird eine Scheibe B, wie in dem erſten Verſuche des §. 604., wenn ſie nicht dieſelbe Größe hat, wie die Scheibe A, um gleichzeitige oder auch nur harmoniſche Schwingungen zu machen, ſich anders theilen müſſen.

Auch die Maultrommel gründet ſich darauf, daß die durch Mittheilung ſchwingende Luft nicht nöthig hat mit dem urſprünglich ſchallenden Körper iſochroniſch zu ſchwingen, ſondern die Zahl ihrer Schwingungen nur ein Mehrfaches zu ſeyn braucht von der Schwingungszahl jenes Körpers.

Dieſes Mitſchwingen und daher Mitklingen anderer mit dem urſprünglich klingenden verbundener Körper iſt auch die Urſache der Mannigfaltigkeit von Klang bey Inſtrumenten derſelben Gattung, die aus verſchiedenem Material verfertigt ſind. So z. B. klingt eine Flöte aus Elfenbein nicht vollkommen gleich mit einer aus Buchsbaumholz u. d. m.

Auf dieſe Mittheilung der Schwingungen mit einander verbundener Körper gründet ſich ferner die Conſtruction mehrerer ſcharfſinnig ausgedachten muſikaliſchen Inſtrumente, ſo z. B. mehrerer von Chladni erfundenen, als: des Euphons, des Clavicylinders (ſiehe Beyträge zur Akuſtik); — eben ſo des Panmelodions von Dietz, des Cöliſons ꝛc.

Als eine gleichfalls merkwürdige Folge der Mittheilung von Schwingungen iſt folgende Erſcheinung zu betrachten, die von dem Uhrmacher Brequet iſt bemerkt worden. Werden zwey Chronometer, deren Gang in Beziehung auf Geſchwindigkeit nicht ganz gleich iſt, auf eine elaſtiſche Platte geſtellt: ſo gehen nach einer Zeit beyde gleich ſchnell, obgleich jedes derſelben eine von der des andern ganz unabhängige Bewegung hat. Die eine Uhr wirkt hier mittelbar durch die Platte auf die andere.

### 2. Fortleitung des Schalles.

§. 605. Der Erfahrung zu Folge ſind Körper von allen Aggregationsformen (feſte, tropfbarflüſſige und luftförmige) mehr oder weniger fähig, den Schall fortzuleiten. Das gewöhnlichſte Fortleitungsmittel aber iſt die uns umgebende Luft. Daß ſie es ſey, erhellet aus folgendem leichten Verſuche. Man verdünne die Luft eines Recipienten, unter welchen man früher ein Schlagwerk auf eine weiche Unterlage (etwa auf einen weich bepolſterten kleinen Schämel) geſtellt hat. Der Schall wird immer ſchwächer, je mehr durch wiederhohlte Züge die Luft in der Glocke verdünnet wird. Daher kommt es auch, daß der Schall auf den Gipfeln hoher Berge ſchwächer wird.

Der eben angeführte Verſuch kann auch ſo angeſtellt werden, daß man über das Schlagwerk zwey Glocken, eine kleinere und eine größere, ſtürzt, und in der äußern die Luft verdünnet. In dem innern luftvollen Recipienten entſteht nun der Schall wirklich, und doch hört ihn der Beobachter nicht. — In verdichteter Luft hingegen wird der Schall ſtärker. Unter der Taucherglocke ſoll er unerträglich ſeyn.

§. 606. Die Fortleitung des Schalles kann wohl in nichts anderem beſtehen, als daß die Schwingungsbewegung des urſprünglich ſchallenden Körpers den mit ihm in Verbindung ſtehenden mitgetheilt werde. Wir wollen zuerſt erwägen, wie dieſe Mittheilung in der den ſchallenden Körper umgebenden Luft, als dem gewöhnlichen Fortleitungsmittel (§. 605.), Statt finden möge, und dann ſoll eine Anwendung auf andere Körper beygefüget werden. — In der Luft geſchieht ſie durch abwechſelnde Verdichtungen und Verdünnungen, die ſich ringsum fortpflanzen und bey welchen man ſich den Vorgang folgender Weiſe vorſtellen kann. Macht der ſchallende Körper eine Schwingung nach einer gewiſſen Richtung: ſo ſtößt er die im Wege liegenden Theile der Luft, und bewirkt eine Zuſammendrückung (Verdichtung) derſelben. Hat dieſe den für die Größe des Stoßes höchſten Grad erreicht: ſo erfolgt eine Ausdehnung. Dadurch werden nun die nachbarlichen Theile der Luft zuſammengedrückt, dehnen ſich wieder aus, drücken auf dieſelbe Weiſe auf die mit ihnen zunächſt in Berührung ſtehenden u. ſ. w. Was aber von einer Schwingung des ſchallenden Körpers gilt, gilt von allen, jede bewirkt eine ſolche Reihe nach einander folgender Verdichtungen und Verdünnungen. Dieſe Verdichtungen und Verdünnungen folgen einander in einer und derſelben Richtung, wenn die Luft eine Säule bildet, wenn ſie z. B. in einer Röhre eingeſchloſſen iſt. In der rings um den ſchallenden Körper ſich befindenden Luft aber müſſen ſie ringsum entſtehen. Sie ſind übrigens von den Longitudinalſchwingungen der Luft in einer Pfeife nicht weſentlich, und nur darin verſchieden, daß ſie durch ihre Verbreitung nach allen Richtungen ſich koniſch erweitern, oder vielmehr als concentriſche hohle Kugelſchalen gedacht werden müſſen, wie ſie in der Zeichn. 54. einigermaßen angedeutet werden. — Wir nannten (§. 591.) jeden für ſich ſchwingenden Theil einer in einer Röhre enthaltenen Luftſäule eine Schallwelle, und den Abſtand vom Anfange der Verdichtung bis zur nächſten Verdichtung (mithin bis zu dem nächſten auf ähnliche Weiſe ſchwingenden Theile) nannten wir die Länge der Welle. Dieſelben Nahmen gelten auch bey der Fortleitung des Schalles

in der unbegränzten Luft. Jede ſolche concentriſche, aus verdichteter und verdünnter Luft beſtehende Kugelſchale iſt gleichfalls eine Schallwelle, mithin die Dicke derſelben (z. B. mn) die Länge der ſphäriſchen Schallwelle. — Die Länge der einen Schallwelle iſt der Länge jeder andern bey demſelben Tone gleich, was aus ſpäter anzuführenden Erfahrungen erhellet; aber eben deßhalb muß der Grad der Verdichtung und Verdünnung mit der Entfernung von dem Mittelpuncte c abnehmen. — Jede gerade Linie aus dieſem Mittelpuncte, in der Richtung des Halbmeſſers gezogen, pflegt man einen Schallſtrahl zu nennen. Er gibt die Richtung an, nach welcher das Ohr von der Schallwelle getroffen wird. — Man könnte fragen, ob nicht jeder Punct einer jeden Schallwelle ein neuer Mittelpunct von Schallwellen werden könnte. Keineswegs. Denn in jeder ſolchen ſphäriſchen Welle ſind alle gleichweit von dem Mittelpuncte c entfernten Theile gleichſtark verdichtet oder verdünnt; keiner derſelben kann mithin ſeitwärts ſtärker oder ſchwächer drücken, als er ſelbſt von dem neben ihm ſich befindlichen gedrückt wird; jedes Theilchen kann alſo nur nach vorwärts ſeine Bewegung dem nachbarlichen mittheilen.

Was von der Luft gilt (mithin alles bisher Vorgetragene) gilt im Weſentlichen von jeder Materie, welche hinreichende Elaſticität beſitzt, um als Mittel zur Fortleitung des Schalles zu dienen. Iſt von ihr (wenn ſie eine Flüſſigkeit iſt) der ſchallende Körper rings umgeben: ſo müſſen ähnliche ſphäriſche Schallwellen in ihr erregt werden. Iſt dagegen der fortleitende Körper nur nach einer Richtung vorherrſchend ausgedehnt, iſt er z. B. eine Stange: ſo ſind nur Schallwellen möglich, ähnlich denen, die in einer von einer Röhre eingeſchloſſenen Luftſäule Statt finden. Es ſind, wie ſich von ſelbſt verſteht, Longitudinalſchwingungen.

§. 607. Aus der vorhergehenden Betrachtung ergeben ſich nachſtehende Folgerungen:

1) Durch eine Strecke freyer Luft wird der Schall in der

nähmlichen Zeit fortgeleitet werden, in welcher er durch eine eben ſo lange Strecke der in einer Röhre eingeſchloſſenen Luft eine Schwingung macht. Dieſes folgt daraus, weil eine in einer Röhre enthaltene Schallwelle dieſelbe Länge hat, wie die in der freyen Luft (§. 606.). Eben ſo wird durch einen Stab der Schall in derſelben Zeit fortgeleitet werden, welche dieſer Stab, wenn er, ohne ſich zu theilen, ſchwingt, nöthig hat eine Longitudinalſchwingung zu vollenden; denn in Anſehung der Longitudinalſchwingungen richten die feſten Körper ſich nach denſelben Geſetzen.

2) Die Fortleitung des Schalles wird eine gleichmäßige Bewegung ſeyn, d. h. er wird in demſelben fortleitenden Körper in der doppelten Zeit einen doppelten Weg zurücklegen, in der dreyfachen Zeit einen dreyfachen u. ſ. w. Dieſes folgt eben daraus, weil die Wellen deſſelben Schalles in demſelben Körper immer eine gleiche Länge haben, und die Schwingungsgeſchwindigkeit zweyer gleich langen Wellen deſſelben Körpers dieſelbe iſt; mithin zur Fortleitung dieſer Bewegung durch zwey, drey oder n Wellen eine doppelte, dreyfache, n ſache Zeit erfordert wird.

3) Die höheren Töne werden mit derſelben Geſchwindigkeit fortgeleitet, wie die tieferen. Denn bey einem höheren Tone werden zwar allerdings mehrere Schwingungen in derſelben Zeit vollendet, dagegen aber haben die Schallwellen in demſelben Verhältniſſe eine kleinere Länge. So z. B. geſchehen bey der Octave allerdings doppelt ſo viel Schwingungen als bey dem Grundtone (§. 570.), und man könnte mithin auf den Gedanken kommen, daß der Ton der Octave in derſelben Zeit einen doppelten Weg zurücklegen müſſe; allein jede Schallwelle muß (eben darum, damit ſie doppelt ſo ſchnell ſchwingen könne) um die Hälfte kürzer ſeyn. Mithin ſind zwiſchen dem urſprünglich ſchallenden Körper und dem Ohre doppelt ſo viel Schallwellen, aber nur halb ſo lange, vorhanden.

4) Auch die Stärke des Schalles kann keinen weſentlichen Einfluß auf die Geſchwindigkeit der Fortleitung haben. Denn die Stärke (bey derſelben Tonhöhe) beſteht nur in der

größeren oder kleineren Ausweichung der Theilchen jeder Schallwelle, und mithin der ſtärkern oder ſchwächern Verdichtung oder Verdünnung (§. 602.); die Schallwelle ſelbſt aber wird weder länger noch kürzer, wenn die Verdichtung größer oder kleiner wird.

5) Die innere Natur des Fortleitungsmittels wird dagegen einen bedeutenden Einfluß auf die Geſchwindigkeit des fortgeleiteten Schalles haben, und beſonders wird dieſe durch die Elaſticität und Dichte des fortleitenden Körpers geändert werden. Iſt nähmlich aus zwey gleich dichten Körpern der eine elaſtiſcher: ſo hat jedes ſeiner Theilchen eine Neigung ſchneller zu ſchwingen. Soll mithin ein beſtimmter Ton, deſſen Höhe natürlich nur von der Schwingungsgeſchwindigkeit des urſprünglich ſchallenden Körpers abhängt, fortgeleitet werden: ſo muß eben darum jede Schallwelle länger werden, als ſie es in dem weniger elaſtiſchen Mittel wäre; und der Schall wird in einer beſtimmten Zeit einen längern Weg zurücklegen. — Geſetzt aber, zwey gleich ſtark elaſtiſche Körper ſeyen ungleich dicht: ſo iſt die Maſſe jedes zu bewegenden Theilchens des dichteren Körpers größer; mithin kann einer gleich großen Anzahl von Theilchen durch dieſelbe bewegende Kraft (durch denſelben Schlag) nicht eine ſolche Geſchwindigkeit mitgetheilt werden, als wenn die zu bewegende Maſſe kleiner wäre. Soll alſo dennoch, um denſelben Ton fortzuleiten, die Schwingung jeder Welle mit der gehörigen Geſchwindigkeit geſchehen: ſo muß jede Welle kürzer werden, und mithin wird der Schall in ſeiner Fortleitung in einer gewiſſen Zeit einen kürzern Weg zurücklegen.

In Beziehung auf die Vermehrung der Fortleitungsgeſchwindigkeit durch die vermehrte Elaſticität muß aber noch bemerkt werden, daß dieſe Geſchwindigkeit nicht genau ſo vielmahl größer ſeyn könne als die Elaſticität des Fortleitungsmittels größer iſt; ſondern daß die Elaſticität viermahl, neunmahl ꝛc. ſo groß werden muß (bey ungeänderter Dichte), wenn die Fortleitungsgeſchwindigkeit doppelt, dreyfach ꝛc. werden ſoll. Die Elaſticität, die in einem zuſammengedrückten Körper wirkſam iſt, iſt nähmlich nicht eine momentane, ſondern eine ſtätige (die ganze Zeit, während welcher er ſich wieder ausdehnt, wirkende) Kraft. Stätige Kräfte K, k aber verhalten ſich wie die

zweyten Potenzen der durch ſie bewirkten Geſchwindigkeiten C, c; mithin $K : k = C^2 : c^2$, ſo wie dieſes auch bey der Schwerkraft der Fall iſt (§. 286., Zuſatz), und eben ſo bey elaſtiſchen Körpern (§. 558., Zuſatz). Statt der Kräfte überhaupt die Elaſticitäten geſetzt, iſt $E : e = C^2 : c^2$.

In Beziehung auf die Dichte des Fortpflanzungsmittels (z. B. der Luft) bey einer beſtimmten Elaſticität würde die Fortleitungsgeſchwindigkeit auch doppelt, dreymahl ꝛc. ſo klein ſeyn, wenn die Dichte viermahl, neunmahl ꝛc. größer würde. Denn um verſchiedenen Maſſen die gleiche Geſchwindigkeit zu ertheilen, müſſen die bewegenden Kräfte K, k ſich verhalten, wie die Maſſen M, m, alſo $K : k = M : m$, und, ſtatt der Maſſen die Dichtigkeiten $\Delta$, $\delta$ geſetzt, $K : k = \Delta : \delta$. Nach dem Vorhergehenden iſt aber $K : k = C^2 : c^2$, mithin allgemein $K : k = C^2 \Delta : c^2 \delta$, und demnach $C^2 : c^2 = \frac{K}{\Delta} : \frac{k}{\delta}$, oder $C : c = \sqrt{\frac{K}{\Delta}} : \sqrt{\frac{k}{\delta}}$, und, ſtatt der Kräfte überhaupt, die Elaſticitäten geſetzt, $C : c = \sqrt{\frac{E}{\Delta}} : \sqrt{\frac{e}{\delta}}$.

### Erfahrungen über die Fortleitung des Schalles durch die Luft eigens betrachtet.

§. 608. Die hierher gehörigen wichtigſten von der Erfahrung zu beantwortenden Fragen ſind folgende: a) von welchen Umſtänden die Stärke des fortgeleiteten Schalles abhänge; b) ob zu gleicher Zeit mehr als ein Schall in der Luft fortgeleitet werde; c) mit welcher Geſchwindigkeit dieſe Fortleitung geſchehe, und durch welche Umſtände ſie etwa abgeändert werde; d) welche Erſcheinungen durch ein der Schallfortleitung entgegenſtehendes Hinderniß veranlaßt werden.

§. 609. I. Die Stärke des Schalles (in Beziehung auf die Fortleitung desſelben) nimmt bekanntlich ab mit der Entfernung von dem ſchallenden Körper. Es kann auch nicht anders ſeyn; denn der Grad der Verdichtung und Verdünnung in jeder ſphäriſchen Schallwelle, von welchem die Stärke des Schalles abhängt, nimmt mit der Entfernung von dem Schallpuncte (nach §. 606.) nothwendiger Weiſe ab. — Oder (mit andern Worten): Je weiter von dem ſchallenden Körper der Zuhörer ent-

fernt iſt, deſto weniger Schallſtrahlen (§. 606.) können das Organ des Gehörs treffen. —

Die Stärke des Schalles hängt aber nicht von dieſer Entfernung allein ab, ſondern auch von den bereits im §. 602. angegebenen Umſtänden. Ferner iſt auch der fortgeleitete Schall deſto ſtärker, je dichter die Luft iſt. Dieſes beſtätigt ſchon der Verſuch mit dem Schlagwerke in verdünnter Luft (§. 605.). Endlich iſt auch die Richtung, in welcher die urſprünglichen Stöße des ſchallenden Körpers auf die Luft geſchehen, nicht gleichgültig; am ſtärkſten wird nähmlich der Schall in der Richtung dieſer Schläge gehört.

In Beziehung auf den letzteren Umſtand haben die Gebrüder Weber folgenden merkwürdigen Verſuch angeſtellt. Der Ton einer Stimmgabel wird deutlich und ziemlich weit gehört in der Richtung, in welcher die Zinken ſchwingen, und in der darauf ſenkrechten; ſehr ſchwach oder beynahe gar nicht in den Zwiſchenrichtungen; ſtärker nähmlich in den Richtungen a, b, c (Zeichn. 55.), ſchwach oder gar nicht in den Zwiſchenrichtungen. Dreht man die am Stiele gehaltene Gabel vor dem Ohre um die Achſe des Stieles: ſo bemerkt man auffallend, wie der Ton verſchwindet und wiederkehrt. — Hält man ſie über ein mittelſt Waſſers auf denſelben Ton geſtimmtes nicht zu weites Glas, ſo tönt dieſes mit; und die angeführte Erſcheinung läßt ſich, indem die Gabel gedreht wird, von mehreren Perſonen zugleich beobachten. — Man ſucht dieſes aus der ſogenannten Interferenz zu erklären. Interferenz iſt ein dem engliſchen interfere (an einander gerathen) nachgebildetes Wort, und bedeutet hier die Unterbrechung einer Welle durch eine andere. Treffen nähmlich die Verdichtungen oder Verdünnungen zweyer Schallwellen zuſammen: ſo werden ſie einander verſtärken; trifft dagegen der verdichtete Theil der einen mit dem verdünnten Theile der anderen zuſammen: ſo können ſie einander ſchwächen oder auch aufheben. Es ſcheint, daß die Wellen, die in den Richtungen a, b, c ausgehen, in den Zwiſchenrichtungen eine ſolche Ausgleichung erleiden. — Man kann die ſchwingende Bewegung der Gabel (oder auch eines Stabes) dem Auge durch folgendes Verfahren ſichtbar machen. Es wird auf die Mitte eines runden (oder auch viereckigen), etwa fingerdicken Stabes von Meſſing oder Eiſen ein ſpannenlanges Thermometerröhrchen ſenkrecht gekittet, der Stab an ſeinem obern oder untern Schwingungsknoten (mithin in dem vierten Theile ſeiner Länge) locker zwiſchen den Fingern der linken Hand gehalten, das untere Ende

etwas in Waſſer getaucht, auf deſſen Oberfläche früher Bärlapp-ſamen, doch nur äußerſt wenig, iſt geſtreut worden; dann wird mit den befeuchteten Fingern der rechten Hand das angekittete Röhrchen gelinde geſtrichen und ſo in Schwingung gebracht. Es zeigen ſich Strömungen an der Flüſſigkeit, die ſich bey viereckigen Stäben, wie in der Zeichn. 56., bey runden beynahe eben ſo, bey einer Stimmgabel wie in der Zeichn. 57. zeigen. Wie man ſieht, ſo ſind die Strömungen theils in den Richtungen der Schwingungen (in a und b), theils ſenkrecht darauf (in c und d), in den dazwiſchen liegenden Richtungen dagegen ſind ſie kreiſend oder ſehr ſchief.

§. 610. Die **Entfernung**, bis zu welcher der Schall ſich fortleiten läßt, kann allgemein nicht beſtimmt werden. Sie hängt offenbar von der Stärke des Schalles ab, wie auch Jedermann aus täglicher Erfahrung bekannt iſt.

Indeſſen haben auch einige Nebenumſtände einen Einfluß darauf, wie z. B. die Richtung des Windes, zwiſchen liegende Körper u. d. m. In einer freyen Ebene, ſo auch über einer Waſſerfläche, werden Menſchenſtimmen, Trommelſchläge u. dergl. in bedeutenden Fernen gehört, beſonders in der Nacht bey heiterer und kalter Luft. Bey der Belagerung von Genua durch die Franzoſen im Jahre 1684 hat man den Knall der Kanonen zu Livorno, alſo in einer Entfernung von neunzig italieniſchen Meilen gehört. So ſoll man bey der Belagerung von Mannheim im Jahre 1795 ihn in einer Entfernung von ein und zwanzig deutſchen Meilen gehört haben (ſ. **Chladni's** Akuſtik. S. 263.). Eine gewöhnliche menſchliche Stimme iſt (nach **Saunders** Beobachtungen) etwa auf 70 Fuß vernehmlich.

§. 611. II. Daß in einer und derſelben Luft **mehr als ein** Schall zu gleicher Zeit könne fortgepflanzt werden, lehret die tägliche Erfahrung.

Dieß erklärt ſich daraus, weil ein elaſtiſcher Körper mehrerer Schwingungsbewegungen zu gleicher Zeit fähig iſt (§. 560.). Es können demnach auch in der Luft mehrere Schallwellen einander durchſchneiden, ohne daß eine die andere hindert. Man ſieht etwas Ähnliches an den kreisförmigen Wellen des Waſſers, welche gleichfalls einander durchſchneiden (§. 394.).

§. 612. III. Über die **Geſchwindigkeit**, mit welcher der **Schall in der Luft fortgeleitet** wird,

ſind von ſehr vielen Phyſikern und an verſchiedenen Orten Verſuche angeſtellt worden. Als Hauptreſultat derſelben hat ſich Folgendes ergeben: 1) Die Verbreitung des Schalles geſchieht (wie nach §. 607. auch zu erwarten iſt) mit gleichförmiger Bewegung. — 2) Seine Geſchwindigkeit kann bey dem Wärmegrade des ſchmelzenden Eiſes auf etwa 1024 P. Fuß (nahe 1050 Wiener Fuß) für eine Secunde angenommen werden. — 3) Auf die Geſchwindigkeit des Schalles hat, wie gleichfalls nach §. 607. zu erwarten iſt, einen vorzüglichen Einfluß die Elaſticität der Luft, und mithin die Wärme; für jeden Grad der hunderttheiligen Scale iſt der in einer Secunde zurückgelegte Raum beynahe um 2 P. Fuß (genauer um 1,92 Fuß) größer. — 4) Keinen Einfluß auf die Geſchwindigkeit hat dagegen die Stärke des Schalles und die Tonhöhe; auch keinen der Barometerſtand. — 5) Der Wind vermehrt die Geſchwindigkeit um ſeine eigene in der Richtung, nach welcher er wehet, und vermindert ſie in der entgegengeſetzten Richtung; in den auf ſeine Strömung ſenkrechten Richtungen hat er auf die Geſchwindigkeit des Schalles keinen Einfluß.

Der Einfluß der Elaſticität (und mithin der Wärme) auf die Geſchwindigkeit der Fortleitung des Schalles iſt bereits aus §. 607. ohnedieß klar; eben ſo erhellet aus demſelben §. 607., warum weder die Tonhöhe noch die Stärke des Schalles eine Änderung dieſer Geſchwindigkeit bewirken. Daß aber der Barometerſtand gleichfalls ohne Einfluß darauf ſey (wenn nur die Temperatur und die Miſchungsbeſchaffenheit der Luft dieſelbe bleibt), erklärt ſich daraus, weil durch die Zunahme des Druckes der Atmoſphäre, ſowohl die Elaſticität als die Dichte der Luft zunimmt, und zwar in demſelben Verhältniſſe (§. 437.). Durch die Zunahme der erſtern ſollte nun die Geſchwindigkeit um eben ſo viel vermehrt werden, als ſie durch die letztere vermindert werden ſollte; mithin muß ſie ungeändert bleiben. — Der verſchiedene Feuchtigkeitszuſtand der Atmoſphäre kann indeß allerdings jene Geſchwindigkeit etwas ändern, indem die Beymengung der Dämpfe ein anderes Verhältniß zwiſchen Dichte und Elaſticität der Luft

herbeyführt, wie ſpäter (in der Lehre von der Verdünſtung) wird dargethan werden. — Der Einfluß des Windes endlich iſt an ſich klar; die Schallwellen nähmlich rücken weiter gegen die Gegend hin, nach welcher der Luftſtrom hingehet. —

Um über die Geſchwindigkeit des Schalles Verſuche anzuſtellen, hat man ſich der Kanonen bedient. Der Blitz des abgefeuerten Geſchützes wird, auch in der größten auf der Erde möglichen Entfernung, in dem Augenblicke ſeiner Entſtehung geſehen; den Knall hört man ſpäter. Weiß man nun die Entfernung, und findet ſich bey ſolchen Verſuchen, daß bey doppelter Entfernung die zwiſchen Blitz und Knall verſtrichene Zeit doppelt ſey, bey dreyfacher Entfernung dreyfach: ſo iſt die Bewegung gleichförmig. Der in einer Secunde durchlaufene Raum iſt ferner leicht zu finden, wenn man die gemeſſene Entfernung durch die Zahl der beobachteten Secunden dividirt.

Verſuche über die Geſchwindigkeit des Schalles ſind angeſtellt worden von Gaſſendi, Caſſini, Huygens, Condamine, Mayer, Benzenberg, Stampfer u. a. m.

Die auf dem Wege der Erfahrung gefundene Fortleitungsgeſchwindigkeit des Schalles beſtätiget die Erklärung der Fortleitung aus Schallwellen, die denen ähnlich ſind, welche in Pfeifen Statt finden. Eine offene Pfeife nähmlich, die den tiefſten Ton gibt, und in welcher mithin die Luft etwa 32 Schwingungen in einer Secunde macht, hat eine Länge von 32 P. Fuß. Eine offene Pfeife aber enthält (nach §. 592.) zwey halbe Luftwellen. Eine ganze Welle demnach, die dem Tone dieſer Pfeife entſpricht, hat eine Länge von zwey und dreyßig Fuß. Alſo eine Welle, die in einer Secunde nur ſechzehn Schwingungen macht (die aber nicht mehr hörbar ſind), iſt vier und ſechzig Fuß lang; eine, die acht Schwingungen macht, einhundert acht und zwanzig Fuß ꝛc.; endlich würde eine Luftwelle, die in einer Secunde nur einer Schwingung fähig wäre, eintauſend vier und zwanzig P. Fuß lang ſeyn, welches beyläufig die Entfernung iſt, bis zu welcher der Schall in einer Secunde ſich fortpflanzt. Mithin ließe ſich die Schallgeſchwindigkeit in der Luft aus dem Tone einer Labialpfeife von bekannter Länge beſtimmen, doch iſt dieſe Beſtimmung nicht genau (S. Fechners Repert. I. 245. f. —). Weber ſchlug vor, die Schallgeſchwindigkeit aus der Länge und dem Tone der Zungenpfeifen (§. 596.) zu berechnen, und die (§. 597., Zuſ.) angeführte Erſcheinung dafür zu benützen (S. Pogg. XVII.).

Newton hat ſich bemüht die Geſchwindigkeit des Schalles in der Luft auf theoretiſchem Wege zu beſtimmen, und ſetzt ſie $= \sqrt{Hg}$, in welchem Ausdrucke H die Höhe bezeichnet, welche die Atmoſphäre hätte, wenn man ſich dieſelbe durchgängig ſo dicht vorſtellt, wie ſie an der Oberfläche der Erde iſt, g aber die Geſchwindigkeit angibt, die ein frey fallender Körper am Ende der erſten Secunde hat. H iſt (nach §. 462., Zuſ.) in runder Zahl = 24000 P. Fuß, g = 30 P. Fuß, mithin $\sqrt{Hg}$ nahe = 850 P. Fuß. Die viel größere wirkliche Geſchwindigkeit des Schalles rührt (nach der Meinung von Laplace) daher, weil die Luft bey der ſchnellen Verdichtung erwärmt und bey der ſchnellen Verdünnung erkältet wird, mithin dort eine größere, hier eine geringere Elaſticität erhält, als ihr bey ihrer natürlichen Dichte zukommt.

Laplace gibt auch folgendes Mittel an, die Fortpflanzungsgeſchwindigkeit in jeder ausdehnſamen Flüſſigkeit zu beſtimmen. Man ſuche, um wie viel eine Säule von der fraglichen Flüſſigkeit, deren Länge = 1 Meter iſt, verkürzt werde, wenn ſie durch ein Gewicht zuſammengedrückt wird, welches dem Gewichte derſelben gleich iſt. Man dividire durch dieſe Größe die Größe g, das Maß der Schwere (§. 196.), und ziehe aus dem Quotienten die Quadratwurzel. Dieſe gibt die Geſchwindigkeit des Schalles in Metern an. Tralles bringt dieſen Satz mit Newtons Formel $c = \sqrt{Hg}$ folgender Weiſe in Verbindung. Es ſey 1 Cubikfuß Luft zuſammengedrückt durch eine Kraft, die der Höhe H entſpricht, man nenne ſie auch H; man denke ſich dieſen Druck um eine Einheit vermehrt: ſo iſt der neue Druck $= H + 1$. Der Raum, um welchen der Cubikfuß Luft durch den vermehrten Druck vermindert wird, heiße S, mithin iſt der jetzige Rauminhalt derſelben $1 - S$. Da in einer ausdehnſamen Flüſſigkeit ſich bey verſchiedenem Drucke die Dichte verhalt wie der Druck, mithin der Rauminhalt wie umgekehrt der Druck (§. 437.): ſo iſt $1 : 1 - S = H + 1 : H$. Aus dieſer Proportion ergibt ſich der Werth von $H = H - HS + 1 - S$, durch Verſetzung iſt $HS = 1 - S$, mithin $H = \frac{1 - S}{S}$. Iſt nun S ſehr unbedeutend gegen 1, alſo $1 - S = 1$: ſo iſt $H = \frac{1}{S}$. Daher $Hg = \frac{g}{S}$, und die Newtoniſche Formel $\sqrt{Hg} = \sqrt{\frac{g}{S}}$.

Auch die verſchiedene Tonhöhe, welche dieſelbe Pfeife gibt, wenn ſie durch verſchiedene Luftgattungen zum Tönen gebracht wird (§. 598.) kann zum Theil ein Mittel abgeben, die Geſchwindigkeit zu beſtim-

men, mit welcher der Schall in jeder derſelben fortgeleitet würde. Nees hat dieſe Geſchwindigkeiten berechnet, und ſie mit denen verglichen, welche ſich aus den ſpecifiſchen Elaſticitäten derſelben luftförmigen Flüſſigkeiten ergaben. Hier ſollen nur folgende wenige Beyſpiele angeführt werden. Die Geſchwindigkeit in der atmoſphäriſchen Luft bey der Temperatur des aufthauenden Eiſes = 1024 P. Fuß oder 332,63 Meter angenommen, iſt dieſelbe in folgenden Gasarten gleichfalls in Metern angegeben:

| Gasarten. | Geſchw. aus d. Tonhöhe. | berechnet aus d. ſp. Elaſt. | Gasarten. | Geſchw. aus d. Tonhöhe | berechnet aus d. ſp. Elaſt. |
|---|---|---|---|---|---|
| Sauerſtoffgas | 316,6 | 317,7 | Kohlwaſſſt.gas | 317,8 | 337,4 |
| Stickgas | 338,1 | 339,0 | Schwef.w.gas | 318,7 | 305,7 |
| Waſſerſtoffgas | 914,2 | 1233,3 | Waſſerdampf | 369,6 | 422,6 |
| Kohlenſäure | 275,0 | 270,7 | Alkoholdampf | 289,1 | 262,7 |

Dulong fand etwas andere Reſultate. Er bediente ſich zur Beſtimmung der Schwingungszahlen der Sirene (§. 570., Zuſ.).

§. 613. IV. Die Erfahrung lehrt, daß der Schall, wenn ein Hinderniß ſeiner Verbreitung im Wege ſteht, zurückkehre. Ein ſolches Hinderniß iſt jedes andere Mittel; es braucht mithin nicht etwa ein feſter Körper zu ſeyn; es kann dazu eben ſo gut eine tropfbare, auch eine ausdehnſame Flüſſigkeit dienen. Dieſe Rückkehr des Schalles iſt denſelben Geſetzen unterworfen, welche Statt finden bey dem Stoße elaſtiſcher Körper auf unbewegliche Flächen; auch hier iſt der Einfallswinkel gleich dem Zurückwerfungswinkel (§. 313.). Nur muß man ſehr wohl die Zurückwerfung des Schalles von der Zurückwerfung der Luft unterſcheiden. Es erhellet von ſelbſt, daß nur diejenige Luftportion, welche die letzte Schallwelle an der zurückwerfenden Fläche bildet und dieſe Fläche unmittelbar berührt, gewiſſer Maßen zurückgeworfen werde. Eigentlich wird ſie nur zuſammengedrückt; und weil ihr die Fläche in der Richtung der Zuſammendrückung (ſenkrecht oder ſchief) im Wege ſteht, ſo dehnt ſie ſich nach der entgegengeſetzten Richtung aus und ſtößt ſo auf die

nachbarlichen Luftportionen, in welchen ſie neue Schallwellen erzeugt.

Zu den Haupterſcheinungen, welche eine Folge der Zurückwerfung des Schalles ſind, gehöret die Verſtärkung des Schalles in Gebäuden, der Nachhall und der Wiederhall oder das Echo. Trifft nähmlich der reflectirte Schall mit dem urſprünglichen in der Empfindung beynahe zuſammen: ſo wird nur eine Verſtärkung, wohl auch eine Verlängerung desſelben wahrgenommen, dieſe nennet man, wenn ſie etwas auffallender iſt, Nachhall. Wiederhall oder Echo nennet man dagegen denjenigen Schall, der auf den Ort ſeines Urſprungs zurückkehrt, und deutlich von dem Urſchalle unterſchieden wird. Es iſt dazu nöthig, daß das Hinderniß, welches die Zurückwerfung des Schalles bewirkt, von dem Orte des Urſchalles wenigſtens einige fünfzig Fuß entfernt ſey; widrigenfalls der zurückgeworfene Schall von dem Urſchalle nicht unterſchieden werden kann.

Dieſes erhellet aus Folgendem. Der Schall, wie wir ſchon wiſſen, verbreitet ſich in einer Secunde durch etwa 1050 W. Fuß. Dann lehrt die Erfahrung, daß wir in einer Secunde höchſtens neun Laute nach einander als deutlich ſucceſſiv wahrzunehmen vermögen. Wenn wir beyde dieſe Erfahrungen zuſammen nehmen: ſo ergibt ſich, daß zwey Laute, die wir als ſucceſſiv wahrnehmen ſollen, entweder wirklich nach einander müſſen erregt werden, oder, wenn ſie zu gleicher Zeit erregt werden, wenigſtens aus verſchiedenen Entfernungen zu dem Zuhörer gelangen müſſen. Wie groß wird aber der Entfernungsunterſchied ſeyn müſſen? Wenigſtens ſo groß, daß, um ihn zu durchlaufen, der Schall eines Zeitraumes von $^1/_9$ Secunde bedarf, alſo wenigſtens 116 Fuß. So weit entfernt müßte die zurückwerfende Fläche von dem Zuhörer ſeyn, wenn in dem Augenblicke, als er einen Laut ausſpricht, dieſer auch ſchon an der erwähnten Fläche erregt würde. Da aber, um ein Echo hervorzubringen, der Schall von dem Sprechenden gegen die zurückwerfende Fläche, und dann wieder denſelben Weg zurück gehen muß, ſo braucht dieſe Fläche nur halb ſo weit, alſo nur etwa 58 Fuß entfernt zu ſeyn.

Bereits aus §. 613. iſt es klar, daß zur Erzeugung des Echo die zurückwerfende Fläche keineswegs die Fläche eines harten glatten Körpers ſeyn müſſe. Alles wodurch der gleichförmige Fortgang der Schallwellen gehindert wird,

kann ein Echo hervor bringen. Man findet auch die ſchönſten Arten von Echo in der Nähe von Waldungen, wo die letzte Schichte von Luft ſelbſt eine ſolche hindernde Fläche abzugeben ſcheint. Man beobachtet ſogar manchmahl ein Echo in einem ſehr langen, an beyden Enden offenen Gange.

§. 614. Ein Echo nennet man einſylbig, wenn man von einem gerufenen vielſylbigen Worte nur die letzte Sylbe wiederhallen hört. Hört man mehrere, ſo nennt man es vielſylbig. In der That werden alle Sylben durch Zurückwerfung gehört, allein bey dem einſylbigen Echo ſind die erſteren Sylben ſchon zurück gekommen, ehe noch das ganze Wort ausgeſprochen war, und haben ſich ſo mit dem Urſchalle vermiſcht. — Ein einſylbiges Echo hat Statt, wenn das zurückwerfende Hinderniß von dem Sprechenden nicht viel weiter als fünfzig oder einige und fünfzig Fuß entfernt iſt. Bey doppelter Entfernung desſelben kann ein zweyſylbiges, bey dreyfacher ein dreyſylbiges Echo Statt finden ꝛc.

Man nennet auch das Echo einfach und vielfach; einfach, wenn man den zurück geworfenen Schall nur ein Mahl hört, — vielfach, wenn man mehrere Wiederhohlungen desſelben vernimmt. Dieſes letztere hat Statt, wenn ſich in verſchiedenen Entfernungen von dem Sprechenden Hinderniſſe finden, von denen der Schall zurückkehrt; er muß dann zu verſchiedenen Zeiten in das Ohr des Zuhörers gelangen.

Manchmahl iſt das Echo ſtärker als ein in gerader Linie ſo weit fortgepflanzter Schall. In ſolchem Falle mögen mehrere zurückgeworfene Schallwellen ſich in einem Puncte vereinigen. Auch mag manchmahl der zurückwerfende Gegenſtand geeignet ſeyn mitzuvibriren, und ſo den Schall zu verſtärken.

§. 615. Theils auf die Zurückwerfung des Schalles, hauptſächlich aber auf die Zuſammenhaltung der Schallwellen gründen ſich die Erſcheinungen des Communicationsrohres, des Sprachrohres und des Hörrohres.

Das Communicationsrohr iſt ein jedes Rohr von gleichem oder beynahe gleichem Durchmeſſer. Wenn man zur einen Öffnung desſelben auch nur leiſe hineinſpricht: ſo kann derjenige, der ſein

Ohr an die andere Öffnung legt, auf bedeutende Entfernungen Alles verſtehen. Hier werden nähmlich die Schallſtrahlen zuſammengehalten, und ihre Verbreitung verhindert. Man kann ſich die Erſcheinung zum Theil nach der Zeichnung 58. vorſtellen. Es iſt beynahe eben ſo gut, als ob der Mund des Sprechenden in c ſich befände. — Man ſieht aber aus eben dieſer Zeichnung, daß ſolch ein Apparat nicht dazu tauge, den Schall in der freyen Luft ſelbſt (nähmlich von b aus weiter fort auf große Entfernungen) zu leiten. Einige Verſtärkung indeſſen erhält er dennoch, weil die Luft nahe an b durch die in Schwingung gebrachte im Rohr enthaltene Luftmaſſe ſtärker geſtoßen wird. — Biot hat mittelſt der Röhren einer Waſſerleitung in Paris ſehr intereſſante hierher gehörige Verſuche angeſtellt. Dieſe an einander gefügten Röhren hatten zuſammen eine Länge von 951 Meter oder 2927½ par. Fuß. Jedes an dem einen Ende der Leitung leiſe geſprochene Wort wurde an dem andern Ende gehört. Zwiſchen einer Frage und Antwort verſtrichen 5,58 Secunden. Das gäbe eine Schnelligkeit des Schalles = 1042,1 par. Fuß. Der Knall von Piſtolen, die an dem einen Ende abgeſchoſſen wurden, verurſachte an dem andern Ende noch einen bedeutenden Knall. Die Luft wurde aus der Röhre mit einer Gewalt getrieben, groß genug, um an der Hand fühlbaren Wind zu verurſachen, kleine Körperchen fortzutreiben, und eine brennende Kerze auszulöſchen. Es iſt bey dem Communicationsrohre gleichgültig, welche Richtungen es hat; es kann auch verſchieden gekrümmt ſeyn. Darauf gründen ſich mancherley Spielereyen, z. B. die Köpfe, aus deren einem eine verborgene Röhre durch den Tiſch, den Fuß des Tiſches, den Zimmerboden bis in den Mund des andern geht. Was in das Ohr des erſten leiſe geſprochen wird, ſcheint der andere dem entfernten Zuhörer zu ſagen. Zu den auffallendſten Täuſchungen dieſer Art gehört das ſogenannte unſichtbare Mädchen (davon eine Beſchreibung in den Annalen der Phyſik, Bd. XXVIII. und XXIX. enthalten iſt). Eine Andeutung davon gibt die Zeichnung 59. Die auf ſeidenen Bändern hängende Kugel C hat vier trompetenartige Röhren a, a, a, a. Jede derſelben iſt gegen die Mitte einer der oberen Leiſten gerichtet, welche von den Stützen s, s, s, s getragen werden. In der Mitte einer der Leiſten iſt eine ſchmale Öffnung, von welcher ein Canal durch die Leiſte und eine Stütze hinabläuft, durch den Fußboden in ein zweytes Zimmer gehet, wo die Perſon ſich befindet, welche die in die Trompeten geſprochene Frage hört und darauf antwortet. Der Canal nähmlich iſt a c f g . . . h i k. Das Übrige erklärt ſich von ſelbſt, wenn man bedenkt, daß die

Stimme durch die Kugel verſtärkt wird. — Unweſentlich iſt das dünne Gitter an allen vier Seiten, und gleichgültig iſt es, ob die Kugel ſo wie in der Zeichnung, oder an der Decke des Zimmers aufgehangen iſt. —

Das Sprachrohr iſt ein Apparat, der dazu dient, die articulirte menſchliche Stimme auf große Entfernungen hörbar zu machen. Man bedient ſich dazu einer kegelförmigen Röhre (Z. 60.). Durch dieſe Geſtalt wird erreicht, daß die Schallſtrahlen, die von dem Puncte a, an welchem der Mund des Redenden ſich befindet, divergirend ausgehen, durch mehrere Zurückwerfungen von den Wänden des Rohrs beynahe parallel aus dem Rohre gehen, und daher eine bedeutende Luftportion nach derſelben Richtung zuſammengedrückt wird. — Man hat viel geſtritten über die beſte Figur dieſes Apparats, es ſcheint wohl die angegebene alles leiſten zu können, was ſich vom Sprachröhre erwarten läßt. — Die Materie, aus der das Sprachrohr verfertigt wird, ſcheint in Beziehung auf die akuſtiſche Wirkung gleichgültig zu ſeyn, nur darf ſie keinen bedeutenden Grad der Elaſticität haben; widrigenfalls ſie durch Mitzittern den Schall zwar verſtärken kann, dagegen aber der Deutlichkeit der Rede Abbruch thut. Herr Haſſenfratz hat gefunden, daß die Wirkung des Sprachrohres vermehrt werde, wenn ſein Ende ſich trompetenartig ausſchweift. Er hat viele Verſuche über Sprachröhre angeſtellt. Um die Wirkungen mehrerer Sprachröhre zu vergleichen, befeſtigte er eine Uhr darin, und maß dann die Entfernung, in welcher die Schläge anfingen nicht mehr gehört zu werden.

Das Hörrohr iſt ein Apparat zur Verſtärkung des Schalles und daher für den Gebrauch ſchwer hörender Perſonen. Es iſt gewiſſer Maßen ein umgekehrtes Sprachrohr, nur ganz klein; die kleinere Öffnung wird an das Ohr gelegt, die größere nimmt den Schall auf. Man hat auch dieſem Apparate ſchon verſchiedene Geſtalten gegeben, als: die eines krummlinigen, nach innen convexen Kegels, die einer Trompete, eines Waldhorns u. d. m. (Zeich. 61.) Nach Lambert's Meinung ſollte das Hörrohr ein hohles Paraboloid ſeyn, damit alle parallelen hinein gerathenen Schallſtrahlen durch die Zurückwerfung in einem Puncte vereinigt werden. Es ſcheint indeſſen die Hauptwirkung des Hörrohres darin zu beſtehen, daß eine bedeutendere Luftmenge in der Nähe des Ohres in Schwingung gebracht wird, wozu auch ſchon das äußere Ohr dienlich iſt.

Bemerkenswerth iſt das Stethoſcop, ein von Laennée erfundener mediciniſcher Apparat, nähmlich ein etwa 1 Fuß langer und etwas über 1 Zoll dicker Cylinder. Mit dem einen Ende hält dieſen der

Arzt an ſein Ohr, mit dem andern an die Bruſt des Kranken, und erkennt beym Reden oder Athmen des letzteren etwa vorhandene hohle Räume, Geſchwüre u. ſ. w. (S. de l'auscultation médiate par Laennée. Paris 1819.)

§. 616. Auf den vorgetragenen Sätzen beruhet die Art und Weiſe, Gebäude, die zum Hören eigentlich beſtimmt ſind (als Muſikſäle, Schauſpielhäuſer u. d. m.), ihrem Zwecke gemäß einzurichten. Hierbey iſt wohl das Wichtigſte, daß alles möglichſt vermieden werde, was die natürliche und gleichförmige Verbreitung des Schalles hindert, z. B. mancherley unnöthige Hervorragungen, Verzierungen u. d. m. Überdieß aber läßt ſich der Schall künſtlich verſtärken, welches hauptſächlich durch eine zweckmäßige Form des Gebäudes geſchehen kann. Daß übrigens bey allen ſolchen Gebäuden das Echo ſorgfältig müſſe verhüthet werden, verſteht ſich von ſelbſt.

Einige Worte über die zweckmäßigſte *akuſtiſche Form eines Gebäudes*. Eine Ellipſe wäre hierzu ſehr ſchlecht. Wäre der Sprechende etwa in dem einen Brennpuncte: ſo würde der in dem andern Brennpuncte ſich befindende auf Koſten aller Übrigen Alles am beſten vernehmen. Denn es gehört unter die Eigenſchaften der Ellipſe, daß, wenn aus beyden Brennpuncten derſelben F und f (Zeichn. 62.) auf irgend einen Punct a der Peripherie gerade Linien Fa und fa gezogen werden, die Winkel, welche die Ellipſe mit dieſen beyden Linien macht, nähmlich die Winkel m und n einander immer gleich ſind. Mithin erhält ein Ohr in f alle aus F gehenden Schallſtrahlen durch Reflexion. — Eine runde Geſtalt räth Herr *Chladni* nicht. In der Kuppel der St. Pauluskirche zu London iſt es, als ob der Schall an den Wänden herumliefe. — Ein Saal mit einer *paraboliſchen Hinterwand* und geradlinig parallelen Seitenwänden ſcheinet vortheilhaft. Befindet ſich der Redner, Sänger, Schauſpieler im Brennpuncte: ſo iſt die Verbreitung des Schalles gleichmäßig. Dieſes gründet ſich auf die Eigenſchaft der Parabel, daß jede Linie, z. B. fb die aus dem Brennpunct f (Zeichn. 63.) ausgeht, parallel mit der Achſe am zurückgeworfen wird, daß alſo bd überall parallel iſt mit am, wenn $p = q$ iſt. Auch eine *halbkegelförmige Geſtalt* würde nicht unvortheilhaft wirken, ein Gebäude nähmlich mit coniſch zugehenden Hinterwänden (wie Zeichn. 64.).

Ein Fehler, der nicht ſelten vorkömmt, und bey Concertſälen, Verſammlungsſälen u. d. m. ſehr ſtörenden Einfluß hat, iſt die Anbringung von großen Höhlungen in den Wänden. In dieſe verieren ſich die Schallwellen und können ſich den Zuhörern nicht anders mittheilen, als durch ſpäteren Nachhall, der mit dem urſprünglichen Schall ſich betäubend vermengt.

Die Alten ſollen (nach Vitruv's Berichte) ſich großer Gefäße bedient haben, die an verſchiedenen Stellen angebracht waren, um die Töne durch Reſonanz zu verſtärken. Aus der ungenügenden Angabe läßt ſich weder die Art der Anbringung ſolcher Verſtärkungsmittel, und mithin noch viel weniger die Möglichkeit der günſtigen Wirkung derſelben abnehmen.

### Fortpflanzung des Schalles durch tropfbare Flüſſigkeiten.

§. 617. Daß der Schall auch durch tropfbarflüſſige Materien fortgeleitet werde, beweiſen ſowohl verſchiedene Beobachtungen, als auch eigens deßhalb angeſtellte Verſuche.

Einige hieher gehörige Erfahrungen. Wenn man eine unter das Waſſer getauchte Glocke zum Läuten bringt: ſo hört man ihren Schall zwar etwas ſchwächer, als durch die Luft, aber doch deutlich. Um der Vermuthung zu begegnen, daß vielleicht die ſchallleitende Materie hier nicht das Waſſer, ſondern die mit demſelben verbundene Luft ſeyn dürfte, haben Nollet und Muſſhenbroek ſich eines Waſſers bedient, welches ſie früher nach Möglichkeit von der Luft gereinigt hatten. — Nollet hat auch, um über den Schall im Waſſer Verſuche anzuſtellen, ſich mittelſt einer Taucherglocke in die Seine hinabgelaſſen. Er vernahm jeden an dem Ufer des Fluſſes erregten Schall, wiewohl geſchwächt, ja ſogar die articulirten Töne. Verſuche, die von Hawksbee und Alderon angeſtellt worden ſind, haben gelehrt, daß man die menſchliche Stimme in einer Tiefe von zwey Fuß unter der Oberfläche des Waſſers, den Knall einer Piſtole aber in einer Tiefe von zwölf Fuß deutlich vernehmen könne. — Schon aus dem, daß die Fiſche und andere Waſſerthiere Gehörorgane beſitzen, ließe ſich, auch ohne Verſuche, die Fortleitung des Schalles durchs Waſſer folgern. Wenn man ſich unter Waſſer befindet und ebenfalls unter Waſſer ein Glöcklein läuten läßt: ſo ſoll der erregte Schall viel ſtärker, als der in der Luft hervorgebrachte, ja ſogar durch ſeine Stärke dem Ohre beſchwerlich ſeyn. — Nach Colladons und Sturmes im Genfer See angeſtellten Verſuchen legt der Schall in einer Secunde den Weg von 1435 Metern im Waſſer zurück.

Eine Folgerung. Die Fortleitung des Schalles durch das Waſſer hätte längſt einen Beweis für die Zuſammendrückbarkeit der tropfbaren Flüſſigkeiten abgeben können, denn ohne Verdichtungen und Verdünnungen läßt ſich dieſe Fortleitung nicht wohl denken.

## Fortleitung des Schalles durch feſte Körper.

§. 618. Auch durch feſte Körper wird der Schall fortgeleitet, wie ſich durch verſchiedene Erfahrungen zeigen läßt. Beſonders ſind Holz, Glas und Metalle gute Schallleiter.

Verſuche. Wenn man das Ohr an das eine Ende eines langen Balkens legt, und an das andere Ende mit einem Stecknadelkopfe ſchlagen oder kratzen läßt: ſo hört man die Schläge. Eben ſo vernimmt man deutlich das Ticken einer Taſchenuhr, die an das entfernte Ende gehalten wird. — Der Schall eines Schlagwerkes, welches ſich unter dem Recipienten der Luftpumpe befindet, wird vernommen, auch nach der Verdünnung der Luft, wenn dasſelbe entweder die Wände des Recipienten oder den Teller der Luftpumpe unmittelbar berührt, ohne durch irgend einen weichen Körper davon getrennt zu ſeyn. — Es iſt ferner eine bekannte Sache, daß, wenn man ſich mit dem Ohre auf den Boden legt, man das Kommen der Reiterey oder einer größern Menge Menſchen auf eine beträchtliche Entfernung vernehmen könne. — Die Arbeiter in den Minen hören die Schläge der entgegen Arbeitenden. — Beſonders leicht läßt ſich die Fortleitung des Schalles durch irgend einen feſten Körper beobachten, wenn er mit den obern Zähnen oder andern harten Theilen des Kopfes in Berührung gebracht wird. Wenn man z. B. einen ſilbernen Löffel an einen Faden aufgehangen hat, dieſen zwiſchen den Zähnen hält, und dann den Löffel ſchlägt, indem man zugleich die Ohren verſchließt: ſo hört man einen ziemlich ſtarken, dem einer Glocke ähnlichen Schall. — Mittelſt eines Stabes, deſſen eines Ende an die Zähne geſtemmt, das andere an den Rand eines Keſſels oder eines größern porzellanenen Gefäßes gelegt wird, vernimmt man bey verſchloſſenen Ohren jeden in einem ſolchen Gefäße erregten Schall. — Sehr leicht vernimmt man den Klang eines muſikaliſchen Inſtrumentes, z. B. eines Claviers, wenn man das eine Ende eines Stabes auf den Reſonanzboden legt, das andere aber entweder zwiſchen die Zähne nimmt, oder einen Theil des Kopfes damit berührt. Dieſer Art zu hören wird ſchon in folgender Diſſertation gedacht: J. Joriſſen diss., in qua explicatur nova methodus surdos reddendi audientes. Halae, 1757. Der Vater des Verfaſſers dieſer Abhandlung, der ſeit mehreren Jahren

des Gehörs beraubt war, machte zufälliger Weiſe die Entdeckung, als er ſeine Tabakspfeife auf den Reſonanzboden eines Claviers legte, auf welchem ſeine Tochter eben ſchlug.

**§. 619. Die Geſchwindigkeit, mit welcher der Schall durch feſte Körper fortgeleitet wird, iſt viel größer als diejenige, mit der er ſich in der Luft fortpflanzt.**

Stellt man ſich an das eine Ende einer ſehr langen Metallröhre, und wird an das andere Ende geſchlagen: ſo hört man einen doppelten Schlag, den einen durch das Metall, den andern durch die Luft. Jener iſt der früher gehörte. — Dieſen Verſuch, zu dem man nur ſelten Gelegenheit hat, ſtellte Biot an der ſchon oben (§. 615., Zuſ.) erwähnten Waſſerleitung an. Er fand die Leitung des Schalles durch die eiſerne Röhre $10^1/_2$ Mahl ſchneller, als durch die Luft.

Nicht alle feſten Körper (wie ſich von ſelbſt erwarten läßt) leiten den Schall mit derſelben Geſchwindigkeit und Stärke; es hängt dieſe ab von dem Gefüge jener Körper, dem Grade und der Art ihrer Elaſticität. Auch ein und derſelbe Körper leitet den Schall nicht gleich gut nach jeder Richtung. So z. B. leiten ihn diejenigen Körper, die aus parallelen Faſern beſtehen, ſehr gut nach der Länge der Faſern, ſchlecht aber nach der Quere derſelben. Ein leiſer Schlag iſt durch die Breite eines Bretes kaum zu vernehmen.

Die Fortleitungsgeſchwindigkeit des Schalles durch feſte Körper läßt ſich beſtimmen: 1) Aus der Höhe des Tones (den ein aus dem fraglichen feſten Körper beſtehender Stab gibt, wenn er, in der Mitte gehalten, in Longitudinalſchwingung verſetzt wird), verglichen mit der Höhe desjenigen Tones, der aus einer offenen, mit dem Stabe gleich langen Orgelpfeife bey der einfachſten Schwingung erhalten wird. Dieſe Methode gründet ſich auf §. 607., Nr. 1. — 2) Aus der anderswoher bekannten Elaſticität des feſten Körpers. Dieſe Methode gründet ſich auf §. 607. Nr. 5. und Zuſatz.

Der erſteren Methode bediente ſich Chladni. So fand er z. B, daß ein mit einer offenen Orgelpfeife gleich langer Silberſtab einen Ton gab, der um drey Octaven und einen Ton höher war, als der Ton der Pfeife; er macht mithin in der Zeit, in welcher die gleich lange Luftwelle eine Schwingung vollendet, $2.2.2+1=9$ Schwingungen; mithin iſt im Silber die Fortleitungsgeſchwindigkeit neun Mahl größer. Durch ähnliche Verſuche fand er dieſe Geſchwindigkeit im Kupfer 12 Mahl, im Glas 17 Mahl, in verſchiedenen Hölzern 11 bis 17 Mahl größer.

Zur Anwendung der zweyten Methode gab Laplace folgendes Verfahren an. Ein aus dem fraglichen Körper verfertigter Stab von der Länge eines Meters wird an dem einen Ende eingeſpannt, an dem andern mit einem Gewichte verbunden, welches ſeinem Gewichte gleich iſt, dann die Verlängerung gemeſſen, und die letztere in Theilen eines Meters ausgedrückt. Durch dieſe Zahl wird g (die Endgeſchwindigkeit der erſten Secunde bey frey fallenden Körpern) dividirt, und aus dem Quotienten die Quadratwurzel gezogen. Dieſe gibt (gleichfalls im Metermaße) die Fortleitungsgeſchwindigkeit des Schalles. Es verſteht ſich von ſelbſt, daß man alle dieſe Größen im Fußmaße ausdrücken müſſe, wenn man die Fortleitungsgeſchwindigkeit gleichfalls im Fußmaße erhalten will. — Auch ſieht man von ſelbſt ein, daß dieſe Methode eigentlich dieſelbe iſt, die (im §. 612, Zuſatz) für ausdehnſame Flüſſigkeiten iſt angegeben worden; hier und dort gibt das Maß der Elaſticität auch die Beſtimmung für die Fortleitungsgeſchwindigkeit. Der dort angegebene Ausdruck $c = \sqrt{\frac{g}{S}}$, iſt mithin auch hier derſelbe, nur bedeutete dort S die Verminderung des Rauminhaltes, hier drückt es die Verlängerung des Stabes aus.

Auch Poiſſon und Cauchy haben theoretiſche Unterſuchungen angeſtellt über das Verhältniß der Schallgeſchwindigkeit in elaſtiſchen a. Stäben, b. Platten und c. Körpern, in denen ſie die Längen-, Flächen- und Körperdimenſion unendlich annehmen, ferner die Schwere und den Druck auf die Oberfläche vernachläßigen. Sie finden für a, b und c das Verhältniß $\sqrt{15} : \sqrt{16} : \sqrt{18}$. (S. Cauchy, Exerc. III. u. Mém. de l' Acad. VIII.)

### 3. Reſonanz.

§. 620. Man verſteht unter Reſonanz die Verſtärkung des Schalles eines klingenden Körpers durch das Mitklingen anderer. In der Natur hat dieſes Mitklingen ſehr oft Statt. Abſichtlich bedienen wir uns zu dieſer Verſtärkung des Schalles vorzüglich des Vermögens der feſten Körper, durch die Schwingung derjenigen, mit denen ſie in Verbindung ſind, auch in Schwingungsbewegung zu gerathen. So wird der Schall einer geſpannten Saite, der an ſich ſchwach iſt, dadurch bedeutend verſtärkt, daß man ſie über einen ſogenannten Reſonanzboden ſpannt. Dieſer iſt nähmlich ein dünnes elaſtiſches Bret, welches eine Höhlung verſchließt, wie die Saiten des Piano-

forte, der Harfe u. d. m. Eine angeſchlagene Stimmgabel, in der Luft gehalten, klingt ſchwach. Wartet man, bis der Schall kaum mehr hörbar iſt, und wird ſie dann auf einen Reſonanzboden geſtemmt, ſo iſt ihr Klang deutlich und ziemlich ſtark. Vom Reſonanzboden hat man ſich ſonderbare Vorſtellungen gemacht. Man dachte, daß durch jeden Ton nur gewiſſe Fibern des Holzes in Schwingung gebracht würden; daher müßten, glaubte man, die Fibern eine verſchiedene Länge haben. Dieſes iſt indeſſen wohl nicht nöthig. Vielmehr ſcheint diejenige Vorſtellung die richtigere zu ſeyn, bey der man annimmt, der Reſonanzboden ſey, ſo wie jeder elaſtiſche Körper, fähig, ſehr vielerley Schwingungsarten zugleich anzunehmen (§. 560.). Er kann ſich nähmlich nach Art der Scheiben (§. 584.) in verſchiedene ſchwingende Theile theilen, und daher mit ſehr vielen Tönen zugleich mitklingen. Es iſt übrigens allerdings richtig, daß mancher Reſonanzboden manche Töne beſſer verſtärkt als andere; ſolche nähmlich beſſer, die er als ſelbſtklingender Körper am leichteſten würde geben können. Um bey tiefen Tönen mitzuklingen, muß der Reſonanzboden hinlängliche Größe haben und nicht zu dick zu ſeyn; um alle Arten von Schwingungen mit Leichtigkeit anzunehmen, muß er hinlänglich biegſam und elaſtiſch ſeyn.

Die Wahl des Holzes für muſikaliſche Inſtrumente iſt mithin nicht gleichgültig, doch nur die Erfahrung kann hier Lehrerinn ſeyn. Im Allgemeinen läßt ſich bloß beſtimmen, daß ſich ein trockenes, elaſtiſches, gleich gefaſertes, mithin leicht klingendes Holz dazu eignet. Man nimmt gewöhnlich Fichtenholz dazu. Daß die Fibern durch öftere Bewegung mehr Leichtigkeit erhalten, dieſelbe anzunehmen, iſt wahrwahrſcheinlich; weßhalb die Reſonanzböden durch längeren Gebrauch an Vollkommenheit gewinnen. — Übrigens macht der Reſonanzboden auch eine Rückwirkung auf die Saiten, und beyde bilden ein Ganzes, ein Syſtem. Daher iſt auch die Wahl der Saiten von Wichtigkeit; manche Saite gibt einen guten Klang auf der einen Violine, einen bedeutend ſchlechteren auf einer andern. — Aber nicht nur die Saiten und der Reſonanzboden, ſondern alle Theile des Inſtrumentes gehören mit zu dem Syſteme; die Mittheilung der Schwingungen erfolgt nähmlich nicht bloß auf unmittelbarem Wege von den Saiten zu den Tafeln, ſondern durch alle feſten Zwiſchen-

körper hindurch. Die Tonhöhe wird urſprünglich durch die Spannung der Saite beſtimmt, wiewohl auch hiebey Rückwirkungen der übrigen Theile des Syſtemes Statt finden mögen. Die Stärke des Klanges aber hängt offenbar ab von der Summe der Einwirkungen aller ſchwingenden Theile auf die umgebende Luft.

Verſuch über die Mittheilung der Bewegung an dem Reſonanzboden. Es werde eine Violinſaite über ein recht dickes Bret geſpannt, wie in der Zeichn. 65. Unter ſie werde ein Steg s geſetzt, der Steg aber nicht auf jenes Bret aufgeſtellt, ſondern auf eine runde Bleyſcheibe b, welche man von dem Brete dadurch einigermaßen ſcheidet, daß man ihr zwey kleine Stückchen Kork unterlegt. Man beſtreue nun die Scheibe mit feinem und trockenem Sande, und bringe die Saite durch Streichen mit einem Violinbogen zum Klingen. Sogleich kommt der Sand in Bewegung und ordnet ſich in irgend eine von den Klangfiguren, von denen bereits (§. 584., Zuſ.) die Rede war. Ob eine einfachere oder zuſammengeſetztere Figur entſtehe, hängt ab von der Tonhöhe der Saite. Ändert man ſie durch vermehrte oder verminderte Spannung der Saite: ſo ändert ſich auch die Klangfigur. Die Scheibe nähmlich muß ſich in ſolche Theile theilen, daß dieſe fähig ſind mit der dem entlockten Tone entſprechenden Geſchwindigkeit zu ſchwingen.

Ein merkwürdiger Verſuch über weit fortgeleitete Töne durch Mitſchwingung iſt folgender von Wheatſtone angeſtellter. Das Klangbret einer Harfe wurde mit dem Reſonanzboden eines in dem um ein Geſchoß tiefer liegenden Zimmer ſtehenden Fortepiano mittelſt eines dünnen Stabes von Tannenholz in Verbindung geſetzt. Die Töne des Fortepiano wurden an der Harfe vollkommen hörbar; nach aufgehobener Verbindung hörte die Erſcheinung auf.

Gelegenheitlich wollen wir hier einer merkwürdigen von Wheatſtone mittelſt der Stimmgabel an einem Reſonanzboden beobachteten Erſcheinung erwähnen. Wird auf das Ende eines auf einem Reſonanzboden geſtellten Drahtes die ſchwingende Gabel rechtwinkelig mit dem Schafte angelegt: ſo werden ihre Schwingungen dem Reſonanzboden mitgetheilt, wenn die Zinken der Gabel mit der Axe des Drahtes in einerley Ebene ſich befinden; die Mittheilung hört auf, wenn die Ebene der Zinken auf der Axe des Drahtes ſenkrecht iſt; daher der Ton vier Mahl ab und zunimmt, wenn die Gabel allmählich gedrehet wird. Wheatſtone nennet dieſe Erſcheinung (etwas ſonderbar) Polariſirung des Schalles. — Sie erinnert übrigens an die gleichfalls an der Stimmgabel beobachtete (im §. 609. Zuſatz angeführte) Erſcheinung.

Auf der Mittheilung der Schwingungen beruhet auch das furchtbare Geräuſch des chineſiſchen Inſtrumentes **Tamtam**. Es iſt dieſes eine Art großen Beckens, das an ſeinem Rande frey an einem Seile hängt, und mit einem Ballen von Leder, der ſich am Ende eines Stockes befindet, auf den Rand geſchlagen wird. Im Augenblicke des Schlages iſt der Schall nicht ſo ſtark, bald aber entſtehet das außerordentliche Geräuſch. Es ſcheint, daß die Ringe, welche von dem Ballen getroffen werden, zuerſt in Schwingung gerathen, und ſie dann der ganzen Maſſe mittheilen. Mit einem harten Körper darf es nicht geſchlagen werden, wenn man es nicht dem Zerſpringen ausſetzen will. Dieſes Inſtrument iſt auch merkwürdig wegen der Art, es anzufertigen. Es beſtehet aus einem Metallgemiſche, welches, nach **Darcet's** Entdeckung, die Eigenſchaft beſitzt, durch ſchnelle Abkühlung hämmerbar, durch langſames Erkalten an der Luft aber ſehr elaſtiſch und ſpröde zu werden. Aus dem Metalle wird mithin in dem erſten dieſer Zuſtände das Inſtrument verfertigt, und ihm dann die Härte und Elaſticität verliehen. Die Beſtandtheile des Metallgemiſches ſind Zinn und Kupfer, in dem Verhältniſſe = 20 : 78.

§. 621. Es iſt eine längſt bekannte Sache, daß auch ſchon die durch einen ſchallenden Körper, alſo **mittelbar in Schwingung gebrachte Luft**, ungeachtet ihre Dichte nur gering iſt, dieſe Bewegung anderen Körpern, wenn ſie derſelben fähig ſind, weiter mitzutheilen im Stande iſt. So z. B. bringt eine klingende Saite mittelſt der Luftſchwingungen eine andere nachbarliche zum Mitklingen, wenn dieſe zweyte entweder dieſelbe Tonhöhe hat, oder durch Theilung in aliquote Theile (§. 568.) den Ton der erſten geben kann. Stärker iſt aber die Wirkung, wenn beyde Saiten über denſelben Reſonanzboden geſpannt ſind. Hat man auf die eine Papierſchnitzelchen gelegt, wie in dem Verſuche §. 568.: ſo werden ſie abgeworfen, wenn die zweyte zum Tönen gebracht wird. Noch eine weit ſtärkere Wirkung bringt eine Orgel auf elaſtiſche Körper hervor, beſonders, wenn dieſe der durch die Luft fortgepflanzten Bewegung große Flächen darbiethen. So erzittern z. B. Fenſterſcheiben, welche mit den Pfeifen, die eben anſprechen, dieſelbe Schwingungsgeſchwindigkeit anzunehmen fähig ſind, u. d. m.

Dieſe Mittheilung der Schwingungsbewegung läßt ſich benützen, um die Wirkung der Orcheſter in den Theatern zu verſtärken. Nach

Rouſſeau's Berichten hat man ſich ihrer in Italien wirklich bedient, ſo daß der Ort, den die Tonkünſtler einnehmen, gleichſam ſelbſt ein großes Inſtrument iſt. Der Fußboden dieſes Platzes iſt an ſo wenig Puncten als möglich mit der feſteren, nur ſchwer in Schwingungsbewegung zu ſetzenden Maſſe des Gebäudes durch leichte Balken verbunden. So ſchwebt er in wagrechter Lage in der Luft; unter ihm befindet ſich mithin ein hohler Raum, der eine mit ihm gleiche horizontale Ausdehnung hat. Die darin eingeſchloſſene Luft wird mittelbar in Schwingung verſetzt, und verſtärkt auf dieſe Weiſe bedeutend jeden durch die Inſtrumente hervorgebrachten Schall. Daß zwiſchen den Wänden dieſes hohlen Raumes auch Zurückwerfungen des Schalles Statt finden, iſt aus den bereits vorgekommenen Lehren deutlich; ſo wie der Umſtand, daß ſich dabey kein ſtörender Wiederhall beſorgen laſſe, indem dieſe Höhlung nicht eine ſolche Tiefe hat, die zur Hervorbringung eines Echo erfordert würde (§. 613.).

## C. Wahrnehmung des Schalles.

§. 622. Wir nehmen den Schall wahr mittelſt eines kunſtreich gebauten Organs, das Ohr genannt. Es beſteht aus dem ſogenannten äußern Ohr und aus den innern Gehörwerkzeugen. Die Haupttheile der letztern ſind die Trommelhöhle und das Labyrinth. — Der äußere Theil des Gehörorgans iſt gleichſam ein Hörrohr (§. 615., Zuſ.), beſtimmt, die Schallſtrahlen aufzunehmen und weiter zu führen. Er beſteht aus der Ohrmuſchel, einem knorpeligen muſchelförmigen Anſatze, der ſich nach und nach zu einem Gange verengert, dem man den Nahmen Gehörgang gegeben hat. Um fremdartige Körper abzuhalten, iſt er mit Härchen und einem klebrigen Weſen, dem Ohrenſchmalze, verſehen. Wo er ſich endet, iſt eine Haut ausgeſpannt, die ihn verſchließt; ſie heißt das Trommelfell. Sie iſt elaſtiſch, und wahrſcheinlich dazu beſtimmt, um die Schläge der Schallwellen aufzunehmen und die Erſchütterung nach dem Innern fortzuleiten. Hinter dem Trommelfelle iſt eine Höhlung, welche durch einen Kanal mit der innern Mundhöhle in Verbindung ſteht; es kann demnach aus dem hintern Theile des Mundes Luft in jene innere Höhle treten. Sie wird die Trommelhöhle oder die Pauke, und der erwähnte kleine Verbindungskanal die Euſtachiſche

Röhre geheißen. In der Trommelhöhle befinden ſich vier kleine knochige Körper, welche man die Gehörbeinchen nennt; jedes derſelben hat bey den Anatomen wieder ſeinen eigenen Nahmen. Sie bilden eine ununterbrochene Kette. Das eine Ende derſelben iſt am Trommelfelle befeſtigt, das andere an das Labyrinth. Dieſes iſt nähmlich die innerſte Höhle des Ohrs, und hat eine ſehr zuſammengeſetzte Einrichtung. Ein vorzüglicher Theil derſelben iſt ein ſpiralförmiger Kanal, welchen man die Schnecke nennt. Das Labyrinth iſt mit einer liquiden Flüſſigkeit erfüllt, in welche der Gehörnerve tritt. Die vom äußern Ohre aufgefangenen Schallwellen ſchlagen an das Trommelfell, die Schläge werden den Gehörbeinchen mitgetheilt, durch dieſe den Seitenwänden des Labyrinths, und von dieſem mit Hülfe der Flüſſigkeit dem Gehörnerven. Übrigens aber kann auch durch die feſten Theile, welche zu dem inneren Ohre mittelbar führen, der Schall dahin geleitet werden. Schon früher (§. 618., Zuſ.) iſt gemeldet worden, wie man bey wohl verſchloſſenen Ohren hören kann, und wie Harthörige eines Stabes ſich bedienen können, um ſich die Wahrnehmung der Klänge zu verſchaffen.

Von den Gehörwerkzeugen gilt dasſelbe, was wir (§. 600., Zuſ.) in Beziehung auf die Stimmwerkzeuge geſagt haben. Es iſt überdieß hier noch ſchwerer durch Beſchreibung (ſelbſt mit Beyhülfe von Zeichnungen) die Geſtalt und Lage der Theile anzugeben. Volle Deutlichkeit erhält ſolch eine Beſchreibung nur mittelſt eines guten Präparats oder ſorgfältig gearbeiteten Modelles. — Auch hier wollen wir zu jener kurzen Angabe der Haupttheile noch einige Worte beyfügen. Die Fläche der Öffnung des Gehörganges iſt viel kleiner, als die äußere Fläche des Ohrs; daher auch der Schall ſo vielmahl ſtärker vernommen wird, als wenn er ohne das äußere Ohr ſogleich in den Gehörgang käme. Mit dem Trommelfelle fängt die mittlere Höhle des Ohrs (die Trommelhöhle oder Pauke) an. Sie befindet ſich im Innern des Schläfeknochens, hat eine irreguläre, im Ganzen länglichrunde Geſtalt, und im mittlern Durchſchnitte vier Linien. Die in der Trommelhöhle befindlichen vier Gehörbeinchen haben folgende eigene Nahmen: Hammer, Amboß, das linſenförmige Beinchen, und der Steigbügel. Hammer und Amboß

hängen unmittelbar in einem Puncte zuſammen, ſind aber wie ein Winkelhebel beweglich. Amboß und Steigbügel ſind vermittelſt des linſenförmigen Beinchens verbunden. Das erſte Beinchen der Kette (der Hammer) hängt am Trommelfelle an, das letzte derſelben (der Steigbügel) verſchließt mit ſeiner Grundfläche eine in das Labyrinth gehende kleine Öffnung, das ovale Fenſter genannt. Unter dieſer Öffnung befindet ſich noch eine, welche mit einer feinen Haut verſchloſſen iſt. Sie heißt das runde Fenſter; wir werden ihrer ſpäter nochmals gedenken. Die drey erſtern Beinchen können durch Krankheit verloren gehen, ohne daß dadurch das Gehör nothwendig verloren gehe; wird aber der Steigbügel zerſtört, ſo fließt Waſſer aus dem Labyrinthe, und das Gehör iſt zerſtört. Da die Euſtachiſche Röhre die Trommelhöhle mit der Höhle des Mundes verbindet: ſo hat die darin enthaltene Luft auch mit der äußern Atmoſphäre Gemeinſchaft, und daher auch dieſelbe Elaſticität. Dieſe Gemeinſchaft zu unterhalten, ſcheint die Hauptbeſtimmung der genannten Röhre zu ſeyn. — Das Labyrinth hat ſeinen Nahmen von den verſchieden gekrümmten Höhlungen, die es enthält. Seine Theile ſind: der Vorhof, die drey halbkreisförmigen Röhren, die Schnecke. Der Vorhof iſt eine irregulär geſtaltete, beynahe eyförmige Höhlung, kleiner als die Trommelhöhle; mit dieſer hängt ſie durch das oben erwähnte ovale Fenſter zuſammen. Die halbkreisförmigen Röhren ſind drey knöchere Bogengänge, welche aus dem Vorhofe ausgehen und wieder dahin zurückkehren; ſie enthalten häutige Röhren. — Die Schnecke iſt ein knöcherner, coniſcher, ſpiralförmiger Kanal im Schläfeknochen, der ſich um eine kegelförmige Spindel zwey und ein halb Mahl herum windet. Die Höhlung der Schnecke wird durch eine dünne Scheidewand, die ſich ebenfalls um die Spindel windet, in zwey Kanäle getheilt, davon der eine im Vorhofe anfängt, der andere aber an dem runden Fenſter der Trommelhöhle; der erſte heißt die Vorhofstreppe, der zweyte die Trommeltreppe. Beyde Treppen treten erſt über der Spitze der Spindel in Gemeinſchaft. — Bekanntlich ſind die Nerven die Werkzeuge jeder Empfindung; ſo iſt auch hier der Gehörnerve das Werkzeug der Empfindung des Schalles. Er tritt, wie ſchon oben geſagt worden iſt, in das Labyrinth, und zwar ein Bündel desſelben in den Vorhof, ein anderes in die Schnecke. Jeder Druck, der auf die im Labyrinth enthaltene Flüſſigkeit geſchieht, wirkt auf ihn ein. — — Man ſieht aus dem wenigen hier Geſagten, wie ſehr zuſammengeſetzt und kunſtreich gebildet das Organ iſt, dem

wir die Wahrnehmung des Schalles verdanken. Es iſt den Bemühungen der Forſcher noch nicht gelungen, die eigentliche Beſtimmung eines jeden der angeführten Theile mit Sicherheit anzugeben.

Auf den oben erwähnten Umſtand, daß auch die feſten Theile den Schall mittelbar zu dem innern Gehöre leiten, beruht eine Methode, zu erfahren, ob eine Taubheit in der Unthätigkeit des Gehörnerven oder in irgend einem andern Umſtande gegründet ſey. Werden z. B. die Schläge einer zwiſchen den Zähnen gehaltenen Taſchenuhr noch deutlich vernommen: ſo liegt der Grund nicht im Gehörnerven. Es kann der äußere Gehörgang verſchloſſen ſeyn, und muß daher gereinigt werden. Es kann auch die Euſtachiſche Röhre verſchloſſen ſeyn. Für den Fall, daß dieſe nicht geöffnet werden kann, hat Aſtley Cooper die Durchbohrung des Paukenfelles vorgeſchlagen (Ann. der Phyſ. LIV. 394.).

**§. 623. Wie bey allen Sinneswerkzeugen, gibt es auch bey dem Gehöre äußerſt große Verſchiedenheiten, in Beziehung auf Schärfe, Feinheit und Beſtimmtheit.**

So z. B. unterſcheiden nicht alle Menſchen Höhe und Tiefe der Töne und die Mannigfaltigkeiten der Klänge mit gleicher Leichtigkeit. Nach Wollaſton (ſ. Phil. Transact. 1830. II.) unterſcheiden manche Perſonen gewiſſe hohe Töne nicht, unterſcheiden aber noch höhere. — Es gibt Menſchen, die mit der ganz eigenartigen Harthörigkeit behaftet ſind, daß ſie einen Redenden leichter verſtehen, wenn auf ihr Gehör zugleich irgend ein ſtarkes Geräuſch einwirkt, z. B. das Raſſeln des Wagens, in welchem ſie ſitzen, das Getöſe einer Trommel ꝛc. Man hat dieſer Art von Schwerhörigkeit den Nahmen peracusis Willisiana gegeben.

Der

# Erfahrungs-Naturlehre irdiſcher Körper

zweyte Abtheilung.

---

## Lehre von den Imponderabilien.

---

## Erſtes Hauptſtück.

### Von den Erſcheinungen der Wärme.

§. 624. Des Wortes Wärme pflegt man ſich in dreyerley Bedeutung zu bedienen. Man verſteht nähmlich darunter 1) eine bekannte Empfindung, die ſich nicht weiter beſchreiben läßt (was ſie mit allen Empfindungen gemein hat); 2) denjenigen Zuſtand der Körper, in welchem ſie dieſe Empfindung in uns zu erregen im Stande ſind. Der jedesmahlige Grad der Wärme eines Körpers heißt ſeine Temperatur. Endlich 3) verſtehen die Naturforſcher unter dem Nahmen der Wärme oft die Urſache jener Empfindung, und des eben angezeigten Zuſtandes. Sie bedienten ſich in dieſer letzten Bedeutung auch des Wortes Wärmethätigkeit oder Wärmeprincip.

Daß der Grad der Wärmeempfindung ſehr relativ ſey, iſt eine bekannte Sache. Sie hängt von verſchiedenen Umſtänden ab; z. B. von der Beſchaffenheit unſers Körpers, vom Geſundheitszuſtande, von der Gewohnheit, ja ſogar von den zunächſt vorher gegangenen Empfindungen. Treten z. B. zur Winterszeit zwey Perſonen in dasſelbe mäßig warme Zimmer, die eine aus einem ſehr ſtark geheitzten, die andere aus der freyen ſehr kalten Luft: ſo wird die erſte das Zimmer kalt, die zweyte warm finden. — Die Kälte iſt (wie man ſieht) kein abſoluter Gegenſatz der Wärme, ſondern ein geringerer Grad derſelben.

§. 625. Quellen der Wärme. Der Erfahrung zu Folge wird auf verſchiedene Weiſe der Zuſtand der Wärme herbeygeführt. Wir können indeſſen hier vorläufig nur beyſpielsweiſe einige Quellen der Wärme anführen. Die allgemein bekannten ſind: die Einwirkung der Sonne; einige

mechaniſche Wirkungen (als ſchnelle Zuſammendrückung der Körper und Reibung); viele chemiſche Wirkungen, zu welchen auch der Verbrennungsprozeß gehört; der Lebensprozeß. Von noch anderen Wärmequellen kann erſt ſpäter die Rede ſeyn, und erſt am Ende der Lehre von der Wärme können wir es verſuchen, eine vollſtändigere Überſicht derſelben zu geben und zu zeigen, in welchem Zuſammenhange ſie unter einander ſtehen dürften.

§. 626. Freye und gebundene Wärme. Gleichfalls der Erfahrung zu Folge beſtehet die Hauptwirkung der Wärmethätigkeit in der Ausdehnung (Raumerweiterung) aller Körper, davon auch wahrſcheinlich jene eigene Empfindung, Wärme genannt, die Folge iſt. In wie fern nun die Wärmethätigkeit ausdehnend auf die Körper wirkt (mithin auch in uns jene Empfindung erregt), pflegt man ſie freye oder fühlbare Wärme zu nennen. Wird ſie dagegen auf andere Wirkungen (z. B. auf das Schmelzen der Körper ꝛc.) verwendet: ſo hört ſie eben darum auf, ausdehnend zu wirken, und heißt dann gebunden oder latent.

Indeſſen wollen Einige (z. B. Peclet) einen Theil auch derjenigen Wärme, welche in den Körper tritt, um ihn auszudehnen, gewiſſer Maßen als gebunden anſehen, und nennen nur denjenigen ganz frey, der bloß des Körpers Temperatur erhöhet, d. h. der von ihm an die Umgebungen übergeht, um auch auf dieſe ſich wirkſam zu erweiſen.

§. 627. Wärmeſtoff. Viele Phyſiker (und zwar die Mehrzahl derſelben) denken ſich die Urſache der Wärme als einen eigenen Stoff, den ſie Wärmeſtoff (Thermogenium, d. h. wärmehervorbringenden Stoff) nennen. Herr Meißner nennet ihn Aräoticon (Ausdehnungsſtoff). — Sobald man einen Wärmeſtoff annimmt, um aus ſeinen Einwirkungen auf die verſchiedenen Körper die mannigfaltigen Erſcheinungen der Wärme zu erklären: ſo muß man ſich denſelben nothwendig vorſtellen als eine an ſich flüſſige, äußerſt ausdehnſame und äußerſt feine (d. h. äußerſt wenig dichte) Materie, welche

von allen gröberen Materien, aber nicht von allen mit gleicher Stärke, angezogen wird. Wegen der Feinheit der Grundtheilchen des Wärmeſtoffes vermag derſelbe durch die Zwiſchenräume aller bekannten Körper zu dringen, und iſt mithin unſperrbar; auch iſt er eben deßhalb, ſelbſt wo er angehäuft iſt, von ungemein kleiner Dichte, und mithin durch ein wahrnehmbares Gewicht ſich nicht offenbarend. Wegen ſeiner Ausdehnſamkeit muß er ein Beſtreben haben, ſich immer weiter zu verbreiten; und da er alle gröberen Materien durchdringt, kann dieſem Beſtreben nur durch die Anziehung dieſer gröbern Materien eine Gränze geſetzt werden. Wegen dieſer Anziehung zwiſchen dem Wärmeſtoffe und den andern Stoffen wird durch die Verbindung beyder der gröbere Körper nothwendiger Weiſe ausgedehnt, und ſeine Cohäſionskraft vermindert; dagegen aber muß auf der andern Seite zugleich die Ausdehnſamkeit des Wärmeſtoffes vermindert und ſeine Dichte vermehrt werden. Wegen der ungleichen Anziehung der verſchiedenen gröberen Stoffe gegen den Wärmeſtoff wird ſich derſelbe zwiſchen zwey einander berührenden Körpern nicht gleichförmig ergießen; der ſtärker anziehende wird einen größeren Antheil desſelben an ſich reißen, als der ſchwächer anziehende; mithin wird auch der Wärmeſtoff in dem erſteren eine größere Dichte haben, als in dem letzteren. Beyde aber werden (der Stärke ihrer Anziehung gemäß) gleich ſtark mit Wärmeſtoff geſättigt, gleich warm, oder von gleicher Temperatur ſeyn. Hat aber der eine Körper einen kleineren Antheil an Wärmeſtoff, als ihm verhältnißmäßig gegen den andern zukommen ſollte, d. h. iſt er weniger warm (weniger mit Wärmeſtoff geſättigt): ſo ergießt ſich der Wärmeſtoff in ihn aus dem wärmeren. Eben ſo ergießt er ſich in unſern Körper, oder nimmt den entgegengeſetzten Weg, je nachdem wir einen andern wärmeren oder kälteren Körper berühren, und wir haben dann entweder die behagliche Empfindung von Wärme, wenn die Theilchen unſers Körpers durch den dazwiſchen tretenden Wärmeſtoff in den ihnen zuträglichſten Abſtand kommen; die Empfindung von Hitze, wenn jener Abſtand zu groß, dievon Kälte, wenn er durch das Übergewicht ihrer Cohäſion zu klein,

und mithin im letzteren Falle die Bewegung der inneren Flüſſigkeiten (und was davon abhängt) geſtört wird. —

Da indeſſen die vorzüglichſte Wirkung der Wärme auf die Körper in der Raumerweiterung derſelben beſteht, und dieſe auf alle Körper ohne Ausnahme ſich erſtreckt: ſo ſehen andere Phyſiker das, was man Wärme nennt, als das einzige ausdehnende Princip (als die Dehnkraft oder Expanſivkraft ſelbſt) an.

Manche Phyſiker endlich (beſonders viele der älteren) ſuchten den verſchiedenen Wärmezuſtand der Körper aus einer zitternden oder vibrirenden Bewegung ihrer kleinſten Theilchen zu erklären. —

Glücklicher Weiſe ſind die phyſikaliſchen Geſetze der Wärme erforſchbar, man mag übrigens der einen oder der anderen Anſicht den Vorzug geben.

Da es uns hier vorzüglich um dieſe Geſetze zu thun iſt: ſo wäre es wenigſtens etwas ziemlich Überflüſſiges, die Streitfragen über jene Anſichten ausführlich zu behandeln. Nur ſo viel ſoll kürzlich bemerkt werden, daß zu denjenigen Erſcheinungen, die für die Annahme eines Wärmeſtoffes ſprechen, vorzüglich das Verhalten der Körper hinſichtlich der ſpecifiſchen Wärme gehören dürfte. Die meiſten Verſuche aber, welche zur Abwägung des Wärmeſtoffes ſind angeſtellt worden, ſind wohl ganz und gar nicht zum Zwecke führend (z. B. Abwägung eines und desſelben Körpers bey verſchiedenen Temperaturen; Abwägung des Eiſes vor und nach Schmelzung desſelben u. d. m.). Man muß bey dergleichen Verſuchen ja nicht vergeſſen, daß die Änderung des Volums eines Körper auch ſein aëroſtatiſches Gewicht ändere (§. 440.). Nur von denjenigen Verſuchen, bey welchen Subſtanzen gemiſcht wurden, deren Vereinigung Wärme oder Kälte erzeugt, und welche vor und nach der Miſchung gewogen wurden, und zwar immer erſt, nachdem ſie ihre vorige Temperatur wieder erlangt hatten, wäre allerdings zu wünſchen, daß ſie von mehreren geübten Experimentatoren auf hinreichend empfindlichen Wagen und mit gehöriger Sorgfalt wiederhohlt würden.

§. 628. Eintheilung der Lehren. Es ſoll zuerſt von der fühlbaren oder freyen Wärme geſprochen werden (und zwar von der Meſſung derſelben, von ihrer Verbreitung und ihrem Verhältniſſe zu den

verſchiedenen Körpern); nachher ſoll von den Wirkungen die Rede ſeyn, wodurch die Wärme gebunden wird. Aus allem dieſen wird ſich von ſelbſt ergeben, in wie weit wir vermögend ſind, über die Entwickelung der Wärme oder den oben (§. 625.) bloß hiſtoriſch angegebenen Quellen derſelben eine Erklärung zu geben.

Meſſung der freyen Wärme.

§. 629. Sowohl für die Wiſſenſchaft als für unzählige Zwecke im Leben iſt es mehr oder weniger von Wichtigkeit, beſtimmt angeben zu können, ob irgendwo mehr oder weniger freye Wärme vorhanden ſey, als zu einer andern Zeit; dazu aber reicht unſer Gefühl bey weitem nicht hin, viel weniger kann es über die Größe der Zunahme oder Abnahme derſelben uns belehren. Man war demnach darauf bedacht, Apparate auszudenken, mittelſt deren man ſich dieſe Belehrung verſchaffen könnte. Man nennet ſie Wärmemeſſer oder Thermometer. Manche davon ſind indeſſen bloß Wärmezeiger oder Thermoſkope.

Das Thermometer iſt ein Apparat, den der Phyſiker und Chemiker bey den meiſten Naturprozeſſen befragen muß, und welcher eben ſo von jedem zu Rathe gezogen wird, der von dieſen Prozeſſen was immer für ökonomiſche, techniſche oder mediciniſche Anwendungen zu machen hat. Ohne Thermometer würden wir ferner nicht viel Beſtimmtes wiſſen über die mittlere Temperatur der verſchiedenen Klimate, über die Abnahme der Wärme in den höhern Gegenden der Atmoſphäre u. d. m. Auch der Aſtronom kann ſeiner bey keiner genauen Beobachtung entbehren; denn nach Verſchiedenheit der Temperatur hat die Atmoſphäre eine verſchiedene Dichte, und demnach einen verſchiedenen Einfluß auf diejenige Abänderung des Ganges der Lichtſtrahlen, welche mit dem Nahmen der Brechung bezeichnet wird.

§. 630. Die Einrichtung der Thermometer gründet ſich auf einige Sätze über die bereits oben angeführte Hauptwirkung der freyen Wärme auf die Körper. Zwar wird von derſelben erſt an andern Orten noch ausführlicher geſprochen; es muß ihrer aber ſchon hier im Voraus erwähnt werden, indem



Bayerische Staatsbibliothek München

es in der Lehre von den Erſcheinungen der Wärme unmöglich iſt, ohne Berufung auf die Anzeige des Thermometers auch nur einen Schritt vorwärts zu thun. Dieſe Erfahrungsſätze ſind folgende: 1) Alle Körper werden durch Zunahme der Wärme mehr oder weniger ausgedehnt, und ziehen ſich bey Abnahme derſelben in einen kleinern Raum zuſammen. 2) Tropfbar-flüſſige Materien dehnen ſich durch die Wärme mehr aus, als feſte Körper. 3) Noch mehr dehnen ſich aus alle ausdehnſamen Flüſſigkeiten. 4) Bey verſchiedenen feſten Körpern (z. B. bey verſchiedenen Metallen) iſt bey gleicher Zunahme der Wärme die Zunahme ihrer Ausdehnung nicht gleich groß. Dasſelbe gilt auch von verſchiedenen tropfbaren Flüſſigkeiten (Weingeiſt z. B. dehnt ſich ſtärker aus als Waſſer). Die gasförmigen Flüſſigkeiten aber (ſo weit die ſpäter anzuführenden Erfahrungen reichen) dehnen ſich durch Erwärmung alle gleich ſtark aus. 5) Endlich hat man guten Grund, ſchon aus bloßer Betrachtung der Sache anzunehmen, daß die Größe der Raumveränderung bey einer gasförmigen Flüſſigkeit (z. B. bey der Luft) der Zunahme und Abnahme der Wärme (wenigſtens für alle in der Erfahrung möglichen Temperaturen) dieſer letztern proportional ſey. Bey feſten Körpern aber und bey tropfbaren Flüſſigkeiten kann dieſe Proportionalität nur innerhalb gewiſſer Gränztemperaturen angenommen werden. Dieſe Annahmen werden von der Erfahrung beſtätigt. —

Nähere Erörterung dieſer Sätze theils durch Verſuche, theils durch Betrachtung.

In Beziehung auf 1. Hat man ein Bretchen m n (Zeichn. 66.), an welchem zwey Säulen a m und b n von beliebigem Material ſenkrecht befeſtigt ſind, und eine Stange, z. B. von Eiſen, deren Länge genau dem Abſtande beyder Säulen gleich iſt, und erhitzt man dieſe Stange: ſo wird ſie nicht mehr Platz in demſelben Raume haben, ſondern nur in einer mehr oder weniger ſchiefen Lage p q eingelegt werden können. Dasſelbe wird Statt finden, wenn die Stange von Meſſing, Kupfer, Zink, Glas, gebranntem Thon (wie die Röhre einer Köllner Tabakspfeife) u. ſ. w. iſt. Nur iſt die Größe der Ausdehnung nicht bey allen Körpern gleich. Werden die Stangen bis auf ihren vorigen Wärmegrad erkältet: ſo zeigen ſie ihre vorige Länge. —

Bayerische Staatsbibliothek München

In Beziehung auf 2. Man fülle eine Röhre r (Zeichn. 67.), die unten in eine Kugel k ausgehet, mit irgend einer tropfbaren Flüſſigkeit (Waſſer, Weingeiſt, Queckſilber) bis auf eine beliebige Höhe a, und tauche nun die Kugel in warmes Waſſer; ſogleich wird die Flüſſigkeit ſteigen, zum Beweiſe, daß ſie ſich ſtärker ausdehnt als das Gas, ſtärker mithin als der feſte Körper. Auch ſchon die Wärme der Hand bewirkt ein Steigen.

In Beziehung auf 3. Um die noch bey weitem ſtärkere Ausdehnung einer ausdehnſamen Flüſſigkeit zu zeigen, nehme man zwey ſolche abgeſonderte umgebogene, mit Kugeln verſehene Röhren. In die eine (Zeichn. 68.) gebe man ſo viel von einer tropfbaren Flüſſigkeit (z. B. Weingeiſt), daß die Kugel ganz voll ſey, in die zweyte aber (Zeichn. 69.) ſo viel, daß etwa die Hälfte der Kugel Luft enthalte; in den Röhren kann die tropfbare Flüſſigkeit beyläufig dieſelbe Höhe haben. Werden nun die Kugeln gleich ſtark erwärmt (indem man ſie z. B. beyde in dasſelbe warme Waſſer taucht): ſo ſteigt die Flüſſigkeit in der zweyten viel ſchneller und zu einer weit größern Höhe.

In Beziehung auf 4. Die ungleiche Ausdehnungsfähigkeit der feſten Körper zeigt ſich ſehr auffallend an einem dünnen Metallſtänglein, welches aus zwey an einander gelötheten Streifen zuſammengeſetzt iſt, davon jeder aus einem andern Metalle beſtehet, z. B. der eine aus Stahl, der andere aus Zink. Ein ſolches Stänglein, welches bey einer gewiſſen Temperatur gerade iſt, krümmt ſich bey Zunahme oder Abnahme der Wärme, als Beweis, daß das eine Metall eine größere Verlängerung oder Zuſammenziehung erleidet. — Eben ſo zeigt ſich die verſchiedene Ausdehnungsfähigkeit verſchiedener tropfbaren Flüſſigkeiten, wenn man den Verſuch Nr. 2. mit verſchiedenen Flüſſigkeiten anſtellt. — Um aber in dieſer Beziehung verſchiedene feſte Körper, tropfbare und ausdehnſame Flüſſigkeiten mit einander genau zu vergleichen, werden andere, erſt ſpäter anzuführende Verſuche erfordert. —

In Beziehung auf 5., nähmlich auf die Proportionalität oder Nichtproportionalität der Ausdehnung mit der Zunahme der Wärme läßt ſich die Art und Weiſe, wie die Wärme auf die Körper von verſchiedener Aggregationsform ausdehnend wirket, aus folgender Betrachtung nicht ſchwer einſehen. Man mag über die Wärme was immer für eine Anſicht haben, ſo muß doch ihr Beytritt offenbar in jedem Körper das Beſtreben nach Raumerweiterung bewirken, mithin die ihm urſprünglich inwohnende Expanſivkraft vermehren. Auch muß dieſe Wirkung an und für ſich in jedem

Körper der Menge der beytretenden Wärme proportional ſeyn. Es iſt nur dabey zu berückſichtigen, ob der ausdehnenden Kraft der Wärme nicht andere Kräfte entgegenwirken, die dieſe Proportionalität beinträchtigen könnten. Allerdings iſt bey jedem feſten Körper und jeder tropfbaren Flüſſigkeit die Cohäſionskraft zu überwinden. So lange indeſſen dieſe ſich gleich bleibt, ſo lange z. B. der feſte Körper in ſeinem Gefüge nicht merklich geändert wird, ſo lange muß auch ſeine Ausdehnung der Wärme nahe proportional ſeyn; ſie hört aber auf es zu ſeyn, je mehr er von dem Zuſtande der Feſtigkeit ſich dem der Flüſſigkeit, mithin demjenigen Wärmegrade nähert, bey dem er endlich ſchmilzt. Dasſelbe gilt auch von den tropfbaren Flüſſigkeiten, welche durch Erkältung feſt, durch Erhitzung aber in denjenigen Zuſtand verſetzt werden, den man Sieden nennet. Bey Temperaturen alſo die noch bedeutend entfernt ſind von demjenigen Kältegrade, bey welchem eine ſolche Flüſſigkeit gefriert, ſo wie von dem Hitzgrade, bey welchem ſie ſiedet, wird auch ihre Ausdehnung der Wärme nahe proportional ſeyn müſſen, wird es aber immer weniger ſeyn, je mehr ſie dieſen beyden Graden ſich nähert. Die ausdehnſamen Flüſſigkeiten betreffend, iſt ihre Cohäſionskraft in der Erfahrung null. Mithin iſt auch kein Grund vorhanden, für alle Fälle möglicher Erfahrung die Zunahme der Expanſivkraft nicht der Wärme proportional zu ſetzen. Was hier die Betrachtung lehrt, wird von der Erfahrung beſtätigt, wie ſpäter gezeigt werden ſoll. —

§. 631. Auf die Sätze des vorigen Paragraphes gründet ſich die Conſtruction der verſchiedenen Thermometer. Derjenige Körper, deſſen Ausdehnung oder Zuſammenziehung uns über die Zunahme oder Abnahme der freyen Wärme belehren ſoll, wird die thermoſcopiſche (wärmezeigende) Subſtanz genannt. — Es iſt bereits aus dem Vorgetragenen erſichtlich, daß wohl die Körper von allen Aggregationsformen ſich als thermoſcopiſche Subſtanzen werden benützen laſſen. Sie ſind auch wirklich dazu benützt worden. Auch iſt wohl klar, daß die gasförmigen Flüſſigkeiten (wegen der angeführten Proportionalität ihrer Raumänderungen mit denen der Wärme) ſich vorzüglich dazu eignen. Da es uns aber hier vor allem andern um einen Apparat zu thun iſt, der für die meiſten

Fälle eine bequeme Anwendung zuläßt, ſo ſoll hier einſtweilen bloß von dem auch am allgemeinſten im Gebrauche ſtehenden Queckſilber-Thermometer die Rede ſeyn. Nur ſoll auch Einiges über Mikrothermometer und Pyrometer beygefügt werden, weil jene für Verſuche über kleine und ſchnelle Wärmeänderungen, dieſe für die Schätzung ſehr hoher Hitzgrade zu dienen die Beſtimmung haben.

Von dem eigentlichen Luftthermometer, ſo wie von den verſchiedenen Metallthermometern wird an ſpätern Orten geſprochen werden.

§. 632. Vorzug des Queckſilbers als thermometriſche Subſtanz. Die Gründe, aus welchen das Queckſilber mit Recht allen andern tropfbaren Flüſſigkeiten für Thermometer vorgezogen wird, ſind folgende: 1) weil es bedeutende Grade von Hitze erträgt, ehe es ſiedet, und bedeutende Grade der Kälte, ehe es gefriert; 2) weil, eben darum (nach §. 630.), innerhalb derjenigen Temperaturen, wo man ſich gewöhnlich eines Thermometers bedient, die Ausdehnungen und Zuſammenziehungen desſelben ohne Fehler der Zunahme und Abnahme der Wärme als proportional können angenommen werden; 3) weil es ſeiner bedeutenden Empfindlichkeit wegen die Änderungen der Temperatur ſchnell anzeigt; 4) weil es an die Wände der Glasröhre ſich nicht anhängt; 5) weil es weit leichter als andere tropfbaren Flüſſigkeiten ſich von Luft reinigen läßt; 6) weil es, wenn es von fremden Beymiſchungen gehörig gereinigt iſt, als eine Materie von beſtimmter Beſchaffenheit kann angeſehen werden, und mithin für alle mit Sorgfalt verfertigten Queckſilber-Thermometer ein gleichförmiger Gang möglich iſt.

Nur für ſehr tiefe Kältegrade, bey denen endlich auch das Queckſilber gefriert, bedient man ſich des Weingeiſtes. Es iſt dann wohl am räthlichſten, einen möglichſt waſſerfreyen anzuwenden, indem die Raumänderung eines ſolchen durch Wärme deſto regelmäßiger iſt. Daß der reine Weingeiſt leicht ſiedet, iſt für dieſe Anwendung ganz gleichgültig.

Die Proportionalität der Raumänderung des Queckſilbers mit der

Änderung der Wärme innerhalb des ſpäter anzuführenden Fundamentalabſtandes am Thermometer hat man durch mühſame Verſuche gefunden, indem man eiskaltes und ſiedend heißes Waſſer in verſchiedenen Verhältniſſen miſchte, nähmlich zuerſt gleiche, dann ungleiche, aber genau gemeſſene Mengen von beyden nahm. Dieſe Miſchungen erhalten (nach einer ſpäter vorkommenden Formel) die mittlere Temperatur der Miſchungstheile; doch wird dabey große Vorſicht erfordert, auch muß auf die Abkühlung durch das Gefäß, worin ſie zuſammenkommen, und durch die Luft Rückſicht genommen werden. Um indeſſen wenigſtens in Beziehung auf den Einfluß des Gefäßes die Rechnung zu vermeiden, iſt es beſſer, dieſem Gefäße früher die mittlere Temperatur zu geben. In das kalte Waſſer ſowohl, wie in das heiße, und nachher in das aus beyden gemiſchte wird das ſogleich zu beſchreibende Queckſilberthermometer getaucht, und in jedem der Stand des Queckſilbers beobachtet. — Ferner ergibt ſich dieſe Proportionalität auch aus der gleichfalls an anderen Orten eigens anzuführenden Vergleichung des Ganges des Queckſilberthermometers mit dem eines Luftthermometers.

Außer Queckſilber und Weingeiſt hat man übrigens zu Thermometern auch Schwefelſäure vorgeſchlagen (wegen ihres hoch liegenden Siedepunctes), den Schwefelkohlenſtoff (wegen ſeines tief liegenden Gefrierpunctes und der ſtarken Ausdehnung) u. d. m. —

§. 633. Conſtruction des Queckſilberthermometers. Um ein ſolches zu erhalten, wird eine gläſerne trockene Röhre, die in eine Kugel oder einen Cylinder ausgehet, mit reinem Queckſilber zum Theil gefüllt, alle im Queckſilber und in der Röhre befindliche Luft ausgetrieben, und die Röhre dann zugeſchmolzen (welches man auch ſie hermetiſch ſchließen zu nennen pflegt). Nun wird die Kugel und Röhre in aufthauendes Eis geſetzt; das Queckſilber ſinkt. Der Punct, an dem es ſtehen bleibt, wird mit o bezeichnet, und heißt auch der Nullpunct. Man bringt nachher das Thermometer in ſiedendes Waſſer; das Queckſilber ſteigt, und hört endlich auf zu ſteigen. Der Punct, wo es ſtehen bleibt, wird ebenfalls bezeichnet, und heißt der Siedepunct des Waſſers, oder kürzer der Siedepunct. Beyde Puncte nennet man fixe Puncte, und den Abſtand des einen vom andern den Fundamentalabſtand. Dieſen theilt man in eine beliebige Anzahl gleicher

Theile, welche **Grade** genannt werden. So erhält man die Größe eines Grades. Man bringt nun unter den Nullpunct ebenfalls ſolche Grade an, und fängt hier gleichfalls mit 1 zu zählen an. Die Grade über Null heißen **poſitive**, die unter Null **negative**; man bezeichnet die erſtern durch +, die letztern durch —. So z. B. + 15° heißt: fünfzehn Grade über Null; — 3° heißt: 3 Grade unter Null. Man hat **zwey** fixe Puncte nöthig, eben um die **Größe** eines Grades zu erhalten. Daß dieſe Größe nur für dasjenige Thermometer gelte, für welches man ſie geſucht hat, und daß man ſie für jedes einzelne Thermometer eigens ſuchen müſſe, iſt von ſelbſt einleuchtend; denn je weiter die Kugel oder der Cylinder iſt, verglichen mit der Weite der Röhre, deſto länger werden die Grade ausfallen. Man hat übrigens auch Thermometer, wo die Röhre unten ſpiralförmig gewunden iſt. Zu manchen Zwecken kann die Kugel auch platt oder in eine Muſchelform gedrückt ſeyn.

§. 634. **Thermometerſcalen oder Gradleiter.** Es wurde oben (§. 633.) geſagt, daß man den Fundamentalabſtand in **beliebig viele** Theile abtheilen könne. Auch ſind wirklich bereits mancherley Gradleiter vorgeſchlagen worden. Die folgenden drey kommen im Gebrauche am gewöhnlichſten vor:

I. **Die hunderttheilige** (Centeſimalſcale). An dieſer iſt der Aufthauungspunct mit Null, der Siedepunct mit hundert bezeichnet. Der Fundamentalabſtand iſt demnach in hundert Grade getheilt. Unter Null ſind eben ſolche Grade mit — 1, — 2, — 3... aufgetragen. Sie können natürlicher Weiſe nur bis zum Gefrierpuncte des Queckſilbers reichen; dieſer iſt — 39. Dieſe Scale kommt immer mehr in Gebrauch, und verdient es ihrer Bequemlichkeit wegen. Sie iſt übrigens nicht neu, ſondern ſchon lange von **Celſius** (einem ſchwediſchen Gelehrten) angegeben worden.

II. **Die achtzigtheilige.** An dieſer iſt der Aufthauungspunct gleichfalls mit Null, der Siedepunct aber mit achtzig bezeichnet, der Fundamentalabſtand daher in achtzig gleiche Theile getheilt. Auch hier ſind unter Null Grade

aufgetragen, die bis zu dem Gefrierpuncte des Queckſilbers reichen, welcher nach dieſer Scale = — 31 iſt. Man nennet ſie gewöhnlich die Reaumur'ſche, weil Reaumur ſich ihrer bedient hatte. Sein Thermometer ſelbſt aber enthielt Weingeiſt, und iſt daher mit dem gegenwärtigen Queckſilberthermometer nicht zu verwechſeln, mit dem es nur bey den zwey fixen Puncten, aber nicht bey den übrigen Wärmegraden übereinſtimmen kann, indem der Weingeiſt ſich zwiſchen jenen zwey Puncten weit weniger proportional als das Queckſilber mit der Zunahme der Temperatur ausdehnt.

III. Fahrenheit's Scale. An ihr iſt der Aufthauungspunct mit 32, der Siedepunct des Waſſers mit 212 bezeichnet, der Abſtand dieſer zwey Puncte demnach in 180 gleiche Theile oder Grade getheilt. Unter dem Grade 32 werden ebenfalls ſolche Theile aufgetragen, nähmlich 31, 30... bis auf den Nullgrad, unter welchen dann die negativen Grade zu ſtehen kommen. Der Nullpunct an dieſem Thermometer wird der künſtliche Froſtpunct genannt, weil Fahrenheit ihn durch Eintauchung ſeiner Thermometer in eine Miſchung von Schnee und Salmiak zu beſtimmen pflegte.

Es iſt übrigens, wie man ſieht, nicht ſchwer, alle drey Scalen an einem und demſelben Thermometer anzubringen. Man bezeichnet dann den Aufthauungspunct in der Fahrenheit'ſchen Scale mit 32, für die zwey andern Scalen mit Null; den Siedepunct in der Fahrenheit'ſchen Scale mit 212, an den andern Scalen mit 100 und 80; und macht die weitern Gradeintheilungen nach dem oben Geſagten (S. auch Zeichn. 70.). Die Scalen ſelbſt können auf Glas, Metallplatten u. d. m. aufgetragen ſeyn; man kann ſie auch auf die Thermometerröhre ſelbſt auftragen. Der verſchiedene Gebrauch dieſes Apparates macht bald die eine, bald die andere Einrichtung, und überhaupt verſchiedene Abänderungen in dem Äußern desſelben räthlich und bequem. Um endlich in einer ſchriftlichen Angabe der Temperatur die Scale des angewendeten Thermometers zu bezeichnen, ſetzt man zu der Zahl, die den Grad angibt, für die Scale I. den Buchſtaben C, für die

Scale II. den Buchſtaben R, für die Scale III. den Buchſtaben F bey. —

Reduction jeder der Scalen auf jede andere. Um einen jeden Grad irgend einer der drey Scalen auf den ihm entſprechenden einer andern zu bringen, braucht man nur darauf aufmerkſam zu ſeyn, wie die Größen der verſchiedenen Grade ſich verhalten. Es ſind nähmlich gleich:

| I. in der hundert-theiligen | | II. in der achtzig-theiligen | | III. in der Fahren-heit'ſchen |
|---|---|---|---|---|
| 100 Gr. | = | 80 Gr. | = | 180 Gr. |
| 10 » | = | 8 » | = | 18 » |
| 5 » | = | 4 » | = | 9 » |
| 1 » | = | $^4/_5$ » | = | $1^4/_5$ » |

Ferner muß man nicht vergeſſen, daß $0^\circ C = 0^\circ R = 32^\circ F$ iſt. Bezeichnet man nun irgend eine Anzahl Grade an dieſen drey Thermometern mit C, R und F, ſo iſt $^4/_5 C = R$, und $^9/_5 C + 32 = F$; $^5/_4 R = C$ und $^9/_4 R + 32 = F$; endlich $^5/_9 (F - 32) = C$ und $^4/_9 (F - 32) = R$.

Fahrenheit's Thermometer waren die erſten übereinſtimmenden. Dieſer Künſtler lebte zu Danzig und nachher in Holland. Daß er den Nullpunct mittelſt kaltmachender Miſchungen beſtimmte, iſt bereits geſagt worden. Eigentlich nahm er zuerſt die von ihm beobachtete Kälte des Winters 1709 als den Nullgrad an. Doch nur die von uns angegebene Beſtimmungsweiſe gibt Sicherheit; da hingegen der durch eine kaltmachende Miſchung bewirkte Kältegrad nach Verſchiedenheit des Verhältniſſes der gemiſchten Materien und ihrer frühern Temperaturen verſchieden ausfallen muß. Fahrenheit hat auch große Thermometer verfertigt bis zum Siedepuncte des Queckſilbers, dieſer war mit 600 bezeichnet; dann auch kleinere bis zu dem natürlichen Grade der Blutwärme im menſchlichen Körper, die er mit 96 bezeichnete. Seine erſten Thermometer waren mit Weingeiſt gefüllt, ſpäter nahm er Queckſilber.

Man kann die Frage ſtellen, aus welchem Grunde man den Fundamentalabſtand in 100 oder 80, oder eine andere Zahl getheilt habe. An und für ſich iſt dieſe Zahl ganz gleichgültig, und eben darum empfiehlt ſich die Zahl 100 als eine bequeme runde. Reaumur wählte für ſein Weingeiſtthermometer die Zahl 80, weil er aus ſeinen Verſuchen folgerte, daß der Weingeiſt ſich von der Temperatur des gefrierenden Waſſers bis zu der des ſiedenden um

achtzig Tauſendtheile ſeines Raumes ausdehne. Deluc nahm Queckſilber ſtatt Weingeiſt, behielt aber dieſelbe Scale. — Kürzlich ſoll hier noch einer Scale gedacht werden; es iſt die von Delisle angegebene, die aber, Rußland ausgenommen, nicht ſehr in Gebrauch gekommen iſt. Hier wird der Siedepunct mit Null bezeichnet, und der Fundamentalabſtand in 150 gleiche Theile getheilt. Auf den Aufthauungspunct kommt demnach die Zahl 150 zu ſtehen. Unter 150 wird nun weiter gezählt 151, 152 u. ſ. f. In dieſer Scale gibt es, wie man ſieht, keine negativen Grade.

§. 635. Bedingniſſe der Vollkommenheit eines jeden brauchbaren Queckſilberthermometers, mag es übrigens was immer für eine Scale haben. Es ſind folgende:

1) Die Röhre muß durchgehends eine gleiche Weite haben; ſie muß ferner rein und trocken ſeyn. 2) Das Queckſilber muß (wie das zu einem Barometer) rein von fremdartigen Beſtandtheilen ſeyn, ferner trocken und luftleer. 3) Die Röhre wird, wie bereits iſt erwähnt worden, hermetiſch geſchloſſen, damit kein Queckſilber entweichen könne; ferner pflegt man den Raum über dem Queckſilber luftleer zu machen. 4) Die Gradleiter muß genau ſeyn, und daher der Aufthauungspunct ſowohl als der Siedepunct mit vieler Sorgfalt beſtimmt werden. Die Beſtimmung des erſtern hat keine große Schwierigkeit; doch iſt die Vorſicht nothwendig, die Kugel wenigſtens einige Minuten in einer breyartigen Maſſe von ſchmelzendem Schnee eingetaucht zu laſſen; in Beziehung auf den letztern aber ſind manche Umſtände wohl in Acht zu nehmen. Das Waſſer, welches zu dieſem Ende ſiedend gemacht wird, muß reines Waſſer ſeyn (deſtillirtes, oder Regenwaſſer); es muß in einem metallenen Gefäße ſieden; endlich muß bey der Beſtimmung des Siedepunctes auf den Barometerſtand Rückſicht genommen werden, der zur Zeit des Verſuches Statt gefunden hat. Denn bey größerm Drucke der Luft wird (aus ſpäter anzuführenden Gründen) das Waſſer auf einen höhern Grad erhitzt, bis es ſiedet, als wenn jener Druck kleiner iſt. Bey Thermometern, die harmoniren ſollen, muß demnach der Siedepunct entweder bey demſelben Barometer-

ſtande beſtimmt werden, oder man muß ihn auf denſelben zurückführen. Es wäre räthlich, die mittlere Barometerhöhe an der Meeresfläche, d. i. 28,8 W. Zoll, oder 28 Par. Zoll, hierbey allgemein zum Normal-Barometerſtande zu nehmen. Übrigens laſſen ſich harmonirende Thermometer erhalten, wenn man ihre Scalen nach einem richtigen Normalthermometer graduirt. Man taucht nähmlich das Normalthermometer und das zu verfertigende in dasſelbe Waſſer, zuerſt in ein beträchtlich kaltes, dann in ein bedeutend warmes. So erhält man zwey hinreichend weit von einander abſtehende Puncte, die das Normalthermometer angibt, und welche an das zu verfertigende aufgetragen werden; die übrigen erhält man durch Theilung des Abſtandes beyder. Geſetzt die gefundenen Puncte wären $+5^{\circ}$ und $+60^{\circ}$; ſo iſt der Abſtand $= 55^{\circ}$. Man theilt dieſen in 55 gleiche Theile, und trägt eben ſolche Theile weiter oben und unten auf. So erhält man alle beliebigen Grade, mithin auch den Nullpunct und Siedepunct.

Einige nähere Beſtimmungen für die Conſtruction der Thermometer:

1) In Beziehung auf das zu verwendende Queckſilber, und die Art es einzufüllen. Die Füllungsweiſe ſolcher engen Gefäße, wie die Thermometerröhren, iſt ſchon im §. 451. angegeben worden. Auch von der Art, das Queckſilber zu reinigen, iſt ſchon in der Lehre von dem Barometer (§. 433. Zuſ.) geſprochen worden. Nur eines Umſtandes wollen wir hier noch erwähnen. Wenn man (wie es nothwendig iſt) das Queckſilber in der Thermometerröhre kochen läßt: ſo wird oft zu viel davon hinausgetrieben. Um es zu verhindern, kann man an die Röhre oben eine offene Kugel anſchmelzen (wie in der Zeichn. 71.). In dieſe begibt ſich nun das empor ſteigende Queckſilber; ſobald aber das Sieden zu Ende iſt, ſinket es durch eigenen und den Druck der Atmoſphäre wieder hinab.

2) In Beziehung auf die Thermometerröhren. Von der Gleichförmigkeit derſelben verſichert man ſich durch das Calibriren. Man bringt nähmlich einen Tropfen Queckſilber darein; er bildet dort einen dünnen Cylinder. Man mißt mittelſt eines Zirkels ſeine Länge, läßt ihn in der Röhre weiter laufen, und mißt wieder. Wenn die Röhre überall gleich weit iſt: ſo muß dieſer Cylinder, wo er ſich immer darin befinden mag, ſtets dieſelbe Länge haben. — Es iſt dieſes Verfahren, wie man ſieht,

von dem Calibrien einer Barometerröhre (§. 433. Zuſ.) in der Hauptſache nicht verſchieden. — Um die Röhre und Kugel von Feuchtigkeit zu befreyen, bedient man ſich, wie bey der Austrocknung der Barometerröhren, der Erwärmung. Es iſt gut, zuerſt die Röhre wohl zu erhitzen, und dann die Kugel. — Da das Glas die Feuchtigkeit ſo äußerſt ſchwer verliert: ſo iſt es räthlich, auch ſchon bey dem Anblaſen der Kugel darauf Rückſicht zu nehmen. Gewöhnlich verfährt man dabey ſo, daß man das Ende der Röhre an der Schmelzlampe ſchmilzt, und mittelſt eines kleinen eiſernen Stäbchens zu einem Knöpfchen rundet, dann in die Öffnung der Röhre bläſt, wodurch ſich das Knöpfchen zu einer hohlen Kugel ausdehnt. Geſchieht das Blaſen mit dem Munde: ſo wird Feuchtigkeit in die Röhre gebracht, und das Blaſen einer Kugel an ſo eine enge Röhre iſt überdieß beſchwerlich. Es iſt räthlicher, ſich irgend eines Gebläſes zu bedienen. Man kann allenfalls das offene Ende der Thermometerröhre in eine kleine Flaſche von elaſtiſchem Harze (Kautſchuk) ſtecken, dieſe feſt umbinden, das andere Ende zu einem Knöpfchen ſchmelzen, die Röhre dann ſenkrecht mit dem kalten Ende nach unten halten, und endlich die Flaſche vom Kautſchuk drücken, um die Luft daraus in die Röhre zu treiben, und das Kügelchen aufzublaſen. —

3) In Beziehung auf den Raum über dem Queckſilber. Man macht ihn gewöhnlich luftleer; nicht als ob die dort etwa befindliche Luft die Ausdehnung des Queckſilbers beſchränken könnte, ſondern weil dieſe Luft zwiſchen das Queckſilber kommen, und eine Zertheilung der Säule bewirken kann. Um nun jenen obern Raum luftleer zu bekommen, nimmt man (ſobald die gehörige Menge Queckſilber eingefüllt iſt, und es auch ſchon geſotten hat) die obere Kugel hinweg, zieht das Ende der Röhre in ein Haarröhrchen, erhitzet das Queckſilber, bis es in das Haarröhrchen geſtiegen iſt, und ſchmilzt dann dieſes zu. —— Iſt übrigens in einem Thermometer, deſſen oberer Raum nicht luftleer iſt, eine Luftblaſe unter das Queckſilber gekommen: ſo läßt ſich manchmahl Alles wieder in den vorigen Stand bringen, wenn man das Thermometer mit dem obern Theile an einen hinlänglich feſten Faden bindet, und dann wie eine Schleuder ſchnell im Kreiſe herumſchwingt. Die Fliehkraft (§. 94.) treibet das Queckſilber gegen die Kugel hin, und die getrennte Säule vereinigt ſich. — Wenn man ein Thermometer ſo hält, daß die Kugel nach oben zu ſtehen kömmt: ſo fällt das Queckſilber entweder ſo hinab, daß es die ganze Röhre füllt, oder es ſinkt nicht ganz bis an das Ende der Röhre. Im erſtern Falle iſt es luftleer, im zweyten

enthält es Luft. — Bey dieſer Gelegenheit ſoll einer Erfahrung erwähnt werden, die Manche an alten Thermometern wollen gemacht haben, daß nähmlich der an ihnen bezeichnete Nullpunct eine tiefere Temperatur zeige, als die des aufthauenden Eiſes. Man wollte dieß aus der kleinen Portion Luft erklären, die urſprünglich vielleicht noch im Queckſilber ſich befand, ſich endlich losmachte und in den luftleeren Raum über dem Queckſilber ſich erhob. Es kann indeſſen auch, wie Andere meinen, der Druck der Luft auf die Kugel oder den Cylinder nach und nach eine Verkleinerung dieſes Gefäßes bewirkt haben. Wenigſtens will man eine unbedeutendere Änderung dieſer Art beobachtet haben an Thermometern mit dicken Wänden als mit dünnen, auch eine unbedeutendere an Thermometern mit Kugeln als an denen mit Cylindern, und gar keine an offenen Thermometern.

Auch der Druck der Queckſilberſäule kann auf die Erweiterung des Gefäßchens einen kleinen Einfluß haben, und mithin kann die Queckſilberſäule etwas kleiner werden, wenn das Thermometer eine verticale Stellung hat, als wenn es horizontal gelegt wird. (Mehreres hieher Gehörige, ſ. Ann. der Phyſ. Bd. LXXXVII.)

4) In Beziehung auf die Beſtimmung der fixen Puncte. — Bey Beſtimmung des Nullpunctes iſt außer der oben angegebenen Vorſicht auch räthlich, den Verſuch bey einer Temperatur von höchſtens einigen Graden über Null anzuſtellen; endlich iſt es gut, die Thermometerröhre ſo weit, als die Queckſilberſäule darin reicht, der Wirkung des ſchmelzenden Eiſes auszuſetzen. — Den Siedepunct betreffend, iſt ſowohl das zum Sieden verwendete Waſſer zu berückſichtigen, als auch das Gefäß, worin es zum Sieden gebracht wird. Daß es reines, ſalzfreyes Waſſer ſeyn müſſe, iſt bereits geſagt worden. Der Grund iſt, weil es, wenn es Salze aufgelöſt enthält, zum Sieden eines höhern Wärmegrades bedarf. Auch von dem Material des Gefäßes iſt bereits geſprochen worden. In irdenen und gläſernen Gefäßen erfordert das Waſſer, um zu ſieden, eine höhere Temperatur, als in metallenen. Dieſer Umſtand würde noch kein Grund ſeyn, die einen den andern vorzuziehen. Man zieht aber die metallenen vor, weil das Waſſer darin bey übrigens gleichen Umſtänden immer bey demſelben Wärmegrade ſiedet. Der Grund von dem Einfluſſe des verſchiedenen Materials liegt in dem verſchiedenen Leitungsvermögen verſchiedener Körper. Die Erhitzung geſchieht am beſten mittelſt einer Weingeiſtlampe. — Überdieß iſt noch der Umſtand zu beachten, daß in einem Gefäße, welches einige Tiefe hat (z. B. zehn oder zwölf Zoll), das Waſſer in der

Nähe des Bodens etwas heißer iſt, als an der Oberfläche; wovon die Erklärung gleichfalls erſt in der Folge kann gegeben werden. Man hat daher, um dem Thermometer die Temperatur des Waſſers an der Oberfläche zu geben, gerathen, den Siedepunct im Dampfe des ſiedenden Waſſers zu beſtimmen, oder die Kugel desſelben nur ein wenig unter die Oberfläche des Waſſers zu tauchen, auf die übrige Röhre aber den heißen Dampf wirken zu laſſen, indem dieſer dieſelbe Temperatur hat. Um dieſes mit Bequemlichkeit zu thun, ſchlägt Biot zu dieſem Behufe ein zweyhalſiges Gefäß vor, wie eines in der Zeichn. 72. abgebildet iſt. Es kann aus Weißblech verfertigt ſeyn. Der Hals zur Seite iſt beſtimmt für den Ausgang der Dämpfe; die Öffnung O iſt mit einem Korkſtöpſel geſchloſſen, durch welchen ein oder auch mehrere Thermometerröhren mit Reibung hindurch gehen. Sie laſſen ſich tiefer und höher ziehen. Das obere Ende der Röhre braucht über den Deckel nur ſo weit hinauszuragen, als nöthig iſt die wahrſcheinliche Stelle des Siedepunctes zu bezeichnen. Man kann früher um die Röhre einen Faden binden, und ihn dann während des Siedens ſo lange vorſchieben, bis der geſuchte Punct richtig bezeichnet iſt. Reicht das Queckſilber nicht bis über den Deckel: ſo zieht man die Thermometerröhre in die Höhe, beobachtet ſchnell das Ende der Queckſilberſäule und bezeichnet es ſogleich mit irgend einer Farbe. Man ſteckt die Röhre wieder tiefer, zieht ſie nochmahls höher, um den Verſuch zu wiederhohlen, und verbeſſert ſo die vielleicht nicht genaue erſte Beobachtung.

Was den Normal-Barometerſtand für die Beſtimmung des Siedepunctes betrifft, ſo wird er von den Deutſchen genommen der = 28 P. Zoll oder 28,8 W. Zoll, von den Engländern der = 29 engl. Zoll, von den Franzoſen der = 76 Meter; welche drey Größen zwar nicht abſolut gleich ſind, aber bey Beſtimmung des Siedepunctes keinen wahrnehmbaren Unterſchied für die Grade des Fundamentalabſtandes geben. Nimmt man den erwähnten mittlern Barometerſtand an der Meeresfläche = 28 P. Zoll zum Normal-Barometerſtande: ſo hat man eine leichte Regel, die Scale auch bey jedem andern Barometerſtande zu verfertigen. Jede Vermehrung oder Verminderung des Barometerſtandes um einen Zoll (wenn ſich die Barometerröhre nicht weit von 28 P. Zoll entfernt) macht nähmlich bey der hunderttheiligen Scale eine Änderung um einen Grad. Stünde z. B. das Queckſilber im Barometer auf 27 Zoll: ſo müßte man den beobachteten Fundamentalabſtand nur in neun und neunzig gleiche Theile theilen, und dann noch einen ſolchen Theil hinzufügen; dieſer hundertſte Grad iſt eben

der wahre Siedepunct beynahe genau. Umgekehrt müßte man, wenn die Barometerhöhe = 29 P. Zoll wäre, den beobachteten Fundamentalabſtand in 101 gleiche Theile theilen, und den Siedepunct auf den hundertſten dieſer Theile ſetzen. In dem Beyſpiele wurde, nur um es leichter zu haben, eine Veränderung des Barometerſtandes in ganzen Zahlen angegeben. — Daß ſich dieſe Verbeſſerung an der hundertheiligen Scale auf die andern Scalen leicht anwenden laſſe, iſt von ſelbſt einleuchtend. — Genauer gibt folgende Tabelle an, welcher Grad an die Stelle zu ſetzen ſey, bis zu welcher das Queckſilber reicht, wenn das Thermometer im ſiedenden Waſſer ſich bey verſchiedenen Barometerſtänden befindet.

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Barometerſtand | 26 Z. | 26,5 Z. | 27 Z. | 27,5 Z. | 28 Z. | 28,5 Z | 29 Z. |
| Wahrer Thermgr. | 98,366 | 98,775 | 99,183 | 99,592 | 100 | 100,408 | 100,816 |

Thermometrographe oder Maximum- und Minimumthermometer. Die Phyſiker waren auch darauf bedacht, Apparate auszuſinnen, welche wenigſtens den höchſten und tiefſten Wärmegrad anzeigen, der während der Abweſenheit des Beobachters Statt gefunden hat. Darunter gehören vorzüglich:

1) Rutherfords Apparat. Dieſer in der Zeichn. 73. angedeutete Apparat beſteht aus zwey an demſelben Bretchen horizontal befeſtigten Thermometern, davon das eine mit Weingeiſt, das andere mit Queckſilber gefüllt iſt, und die umgekehrte Lage des erſtern hat. In der Weingeiſtſäule ab des erſtern befindet ſich ein kleines bewegliches Glasſtäbchen g mit einem dunkeln Knöpfchen, welches letztere das Ende der Weingeiſtſäule berührt. Zieht ſich nun der Weingeiſt durch Kälte zuſammen, ſo wird das Glasſtäbchen, in Folge ſeiner Adhäſion an die Flüſſigkeit, gegen b hin mitgenommen, z. B. bis h. Dehnt ſich ſpäter der Weingeiſt durch Wärme aus: ſo bleibt das Röhrchen g dennoch in h durch ſein Gewicht liegen und der Weingeiſt gleitet darüber hinweg. Man hat mithin den Punct der tiefſten Statt gefundenen Kälte. — In dem andern Thermometer cd liegt vor dem Queckſilber ein leicht verſchiebbares Stäbchen f aus Fiſchbein. Dehnt ſich nun die Queckſilberſäule durch Wärme aus: ſo wird das Stäbchen f gegen d hin fortgeſchoben. Zieht ſich das Queckſilber durch ſpätere Kälte zuſammen: ſo bleibt das Stänglein liegen, zeigt mithin auf den Grad der höchſten Temperatur, welche Statt gefunden hat. Um aber beyde Stänglein wieder in die urſprüngliche Lage zu bringen, braucht man nur für einen Augenblick den ganzen Apparat in die verticale Lage zu bringen, ſo daß die Kugel des Weingeiſtthermometers nach oben, die des zweyten nach unten zu ſtehen kommt; wodurch das Glasſtäbchen im Weingeiſte bis an deſſen

Oberfläche gleitet, das Fiſchbeinſtäbchen f aber bis an das Queck-ſilber hinabfällt.

2) Ein anderer Apparat, von Six erfunden und daher auch Six-thermometer benannt, iſt in der Zeichn. 74 abgebildet. Der Glascylinder aa, ſo wie die an ihn angeſchmolzene engere Röhre bbb, die zweymahl um denſelben gebogen iſt, iſt mit Wein-geiſt gefüllt, und dieſe mit einer Queckſilberſäule qr unterbro-chen, die Kugel k aber enthält Luft. Die eigentliche thermome-triſche Subſtanz iſt der in dem weitern Cylinder enthaltene Weingeiſt, durch deſſen Ausdehnung und Zuſammenziehung die Queckſilberſäule qr hin und her geſchoben wird. Bey q befindet ſich die eine Scale, bey r die andere, und es verſteht ſich von ſelbſt, daß die Eintheilung derſelben mit Hülfe eines Normalthermometers geſchehen muß (§. 635.). Damit aber der Apparat als Thermometrograph diene, iſt ſowohl bey q als bey r ein Stahlſtiftchen, welches gegen das Queckſilber zu eine kleine Fläche hat, mithin von dieſem fortgeſcho-ben wird, und, weil es in der Glasröhre etwas federt, an der Stelle, wohin es geſchoben wurde, ſtehen bleibt, wenn auch das Queckſilber zurückgehet. So zeigt das Stäbchen bey q die tiefſte, das bey r die höchſte Statt gefundene Temperatur an. Um beyde Stäbchen wieder an bie Queckſilberſäule zurückzubringen, bedient man ſich eines kleinen Magnetes, der bekanntlich durch alle Mate-rien, mithin auch durch das Glas hindurch wirkt. — Dieſes Appa-rates bedienen ſich auch die Seefahrer zur Beſtimmung der Tem-peratur in der Tiefe des Meeres.

§. 636. Mikrothermoſcope. Deren merken wir hier zwey an. Das eine iſt von Rumford angegeben, das andere von Leslie. Beyde ſind Luftthermoſcope. Das erſte (in der Zeichn. 75. abgebildete) iſt eine Glasröhre, welche doppelt un-ter einem rechten Winkel umgebogen iſt, und an deren beyden Enden Kugeln angeblaſen ſind. Der mittlere Theil der Röhre iſt horizontal und hat eine Länge von etwa 16 Zoll. Die Röhre enthält eine kleine Menge gefärbter Flüſſigkeit f. (Man nimmt dazu mit Karmin roth gefärbte Schwefelſäure.) — Iſt auf beyden Seiten derſelben die eingeſchloſſene Luft gleich warm: ſo bleibt die Flüſſigkeit ruhig. Sobald aber eine von den Kugeln auch nur im mindeſten erwärmt oder abgekühlt wird, bewegt ſich die Flüſſigkeit gegen die kältere Kugel hin. — Ein horizontales

Bret, an dem die Röhre angebracht iſt, enthält eine Art Scale, gleichlaufend mit dem horizontalen Theile der Röhre. Die Eintheilung derſelben kann beliebig ſeyn, indem der Apparat bloß dient, kleine Veränderungen der Wärme anzuzeigen und nicht beſtimmte Grade zu meſſen. — Leslie's Differenzthermometer beſteht ebenfalls aus einer doppelt gebogenen, in zwey Kugeln auslaufenden Röhre, nur daß der mittlere horizontale Theil hier kleiner iſt, und das Ganze beynahe die Geſtalt eines lateiniſchen U bekommt (Zeichn. 76.). Das Innere des Apparates enthält eine Quantität rothgefärbter Schwefelſäure. Auch hier iſt die Flüſſigkeit ruhig, wenn die Wärme auf beyde Kugeln gleichförmig wirkt; bey ungleicher Erwärmung aber bewegt ſie ſich nach der kältern Kugel hin. Davon eben, daß es die Differenz der Temperatur beyder Kugeln iſt, die auf die eingeſchloſſene Flüſſigkeit ſich wirkſam zeigt, hat dieſer Apparat ſeinen Nahmen Differenzthermometer erhalten. An dem einen Schenkel iſt die Scale, die nur einen kleinen Theil des Fundamentalabſtandes angibt.

Um eine ſolche Scale zu bekommen, wird, während beyde Kugeln A und B dieſelbe Temperatur haben, der Stand der Flüſſigkeit unter B einſtweilen bezeichnet. Dann wird die Kugel A mit Waſſer von 10° C, die Kugel B mit ſchmelzendem Schnee umgeben, der Stand der Flüſſigkeit in beyden Fällen angemerkt, und der Abſtand der bemerkten Puncte in 100 gleiche Theile getheilt. Ein jeder ſolche Theil iſt $^1/_{10}$ Grad des Queckſilberthermometers.

Um den Apparat noch empfindlicher zu machen, hat Ritchie ſtatt der kleinen gläſernen Kugeln größere metallene mit ſehr dünnen Wänden vorgeſchlagen. Schmidt und Howard empfehlen Dünſte von Alkohol oder Äther ſtatt der eingeſchloſſenen Luft. Iſt nähmlich außer den Dünſten noch etwas tropfbare Flüſſigkeit vorhanden: ſo wird nicht nur der vorhandene Dunſt durch die Wärme ausgedehnt, es entſteht auch neuer.

§. 637. Pyrometer (Feuermeſſer). Der Nahme deutet auf einen Apparat zur Beſtimmung ſehr hoher Hitzgrade. Man hat ihn indeſſen auch Apparaten gegeben, die einen andern Zweck haben, und von welchen gehörigen Ortes

wird geſprochen werden. Ein eigentliches bequemes Pyrometer gehört immer noch unter die Gegenſtände, die von den Phyſikern gewünſcht werden. Das von Wedgwood angegebene, welches ſich auf die Zuſammenziehung des Thons gründet, entſpricht keineswegs dieſem Wunſche, daher wir es hier bloß nennen; es ſoll übrigens bey einer ſpätern Gelegenheit ſeine Einrichtung, ihres hiſtoriſchen Werthes wegen, angegeben werden. Bey dem Mangel an einer Weiſe, ſehr hohe Hitzgrade unmittelbar zu ſchätzen, mußte man ſich bisher mit mancherley mittelbaren Beſtimmungen behelfen.

Vielleicht dürfte Prinſeps Vorſchlag einer der zweckdienlichſten ſeyn. Er glaubt, daß die bedeutend verſchiedene Schmelzbarkeit verſchiedener Metalle dazu benützt werden könnte. Die hierbey verwendbaren Metalle wären Silber, Gold, Platin. Zwiſchen der Schmelzhitze des Silbers und Goldes kann man 10 Grade nehmen; zwiſchen der des Goldes und der des Platins 100 Grade. Dieſes wären die fixen Puncte. Für die Zwiſchengrade müſſen Legierungen aus dieſen Metallen verwendet werden. Für jene erſten 10 Grade nähmlich wird dem Silber immer 10 Prozent Gold zugeſetzt, für die letzteren 100 Grade aber dem Golde immer 1 Prozent Platin. So hat man 110 verſchiedene Metallgemiſche, deren jedes bey einer beſtimmten Temperatur ſchmilzt. Die Maſſen der Gemiſche brauchen nur ſehr klein zu ſeyn.

Auch andere Vorſchläge ſind gemacht worden, als: Brogniart's Pyrometer für Porzellanöfen. In einer an dem einen Ende geſchloſſenen Röhre von Reißbley ſteht frey auf dem Boden ein Stäbchen von Platin. Dieſes ſchiebt mit ſeinem obern freyen Ende den kürzern Hebelsarm eines Zeigers, deſſen Drehungspunct mit der Röhre verbunden iſt. — Eine ähnliche Einrichtung hat das Pyrometer von Daniell (ſ. Edinb. phil. Journ. Nr. X. 397). Guyton Morveau ſucht gleichfalls zur Beſtimmung der Hitzgrade die Ausdehnung des Platins (Mém. de l'Acad. 1808), Mill aber die Ausdehnung der Luft in einem Platingefäße zu benützen (ſ. Zeitſchr. f. Phyſ. II. 75.), u. a. m. — Ein Vorſchlag von A. Neumann zu einem ſehr bequemen Pyrometer findet ſich in der Zeitſchr. für Phyſ., Bd. X. S. 284.; doch, um ganz ausführbar zu ſeyn, wären einige Abänderungen daran nothwendig. —

### Verbreitung der freyen Wärme.

§. 638. Bekanntlich verbreitet ſich die Wärme von jedem Körper, der wärmer iſt als ſeine Umgebungen, auf dieſe letzteren.

Die Verbreitung geſchieht, der Erfahrung gemäß, auf zweyerley Weiſe, nähmlich: mit einer ſehr großen Geſchwindigkeit von der Oberfläche des erwärmten Körpers auf andere, auch entfernte Körper; oder mit einer kleinern Geſchwindigkeit von Theilchen zu Theilchen. Man nennet in dem erſtern Falle die Wärme ſtrahlend, in dem letztern Falle geleitet. Die Strahlung der Wärme hat nur Statt in den gasförmigen Stoffen und im leeren Raume; die Leitung derſelben geſchieht durch alle Materien, obgleich nicht durch alle auf gleiche Weiſe.

Strahlende Wärme.

§. 639. Erfahrung. Daß jeder heiße Körper (z. B. ein heißes Stück Metall, ein geheitzter Ofen ꝛc.) ringsum Wärme verſendet, lehren allgemein bekannte Erſcheinungen. Einer der auffallendſten Verſuche darüber iſt indeſſen folgender. Man ſtelle zwey metallene Hohlſpiegel a und b (Zeichn. 77.) ſo einander entgegen, daß ihre Achſen mm′ zuſammenfallen. Wird nun in den Brennpunct F des einen Spiegels die Kugel eines empfindlichen Thermoſcops geſtellt: ſo zeigt ſich an dieſem augenblicklich die Wirkung der Wärme, ſobald in den Brennpunct f des andern ein beträchtlich erwärmter Körper gebracht wird. Wir wollen einſtweilen bloß hypothetiſch annehmen, daß aus dem erwärmten Körper divergente Strahlen fm, fn, fo ꝛc. auf den Spiegel auffallen, von dieſem in parallelen Richtungen mm′, nn′, oo′ ꝛc. zurückgeworfen, dann von dem letztern wieder zurückgeworfen und in dem Brennpuncte F an dem Thermometer-Kügelchen vereint würden; offenbar müßte bey dieſer Vorausſetzung hier eine augenblickliche Erwärmung Statt finden. Da dieſe nun wirklich Statt findet: ſo iſt es erlaubt, eine ſolche ſtrahlenartige Verbreitung der Wärme zur Erklärung der Erſcheinung anzunehmen. Es ergibt ſich aus dieſem Verſuche übrigens nicht nur die geradlinige Fortpflanzung und Zurückſtrahlung der Wärme, ſondern auch deſſen ungeheure Geſchwindigkeit. Denn durch einen zwiſchen beyde Spiegel geſetzten Schirm hört die Wirkung auf das Thermometer augenblicklich auf.

Die Wärme wird hier nach den nähmlichen Geſetzen zurückgeworfen,

wie der vollkommen elaſtiſche Körper bey dem Stoße auf unbewegliche Flächen (§. 313.), ſo nähmlich, daß der Einfallswinkel immer dem Reflexionswinkel gleich iſt. In der Lehre vom Lichte (welches dieſelben Geſetze befolgt) wird gezeigt werden, daß Strahlen, die auf einen Hohlſpiegel parallel unter einander auffallen, ſo zurückgeworfen werden, daß ſie, wenn der Hohlſpiegel ſphäriſch iſt, beynahe in einem und demſelben Puncte ſich ſchneiden, wenn er paraboliſch iſt, genau in einem und demſelben Puncte ſich vereinigen. Dieſen Vereinigungspunct werden wir den Brennpunct des Spiegels nennen. Gehen aber aus dem Brennpuncte divergente Strahlen auf den Hohlſpiegel, ſo müſſen ſie, wie von ſelbſt erhellet, nach der Zurückwerfung parallel unter einander werden. Die Hauptachſe eines Hohlſpiegels heißt eine gerade Linie, welche durch den Brennpunct und den Mittelpunct des Spiegels gezogen gedacht wird. — Der oben angeführte Verſuch läßt ſich übrigens (etwas abgeändert) auch mittelſt eines Spiegels anſtellen. Denn, wenn man den Wärme ſtrahlenden Körper nicht in den Brennpunct ſetzt, ſondern weiter vom Spiegel weg, z. B. in den Punct m (Zeichn. 78.): ſo ſind die zurückgeworfenen Strahlen nicht parallel unter einander, ſondern zuſammenlaufend. Sie vereinigen ſich demnach in irgend einem Puncte n. Iſt nun hier die Thermometerkugel befindlich, ſo zeigt ſich die Erwärmung gleichfalls. Eben ſo gut kann man den erhitzten Körper in den Punct n und die Thermometerkugel in m ſtellen. Die genaue Beſtimmung der Puncte m und n kann erſt in der Lehre vom Lichte gegeben werden. — Nimmt man bey einem ſolchen Verſuche einen ſehr heißen Körper, etwa eine glühende eiſerne Kugel, oder einige glühende Kohlen, und bläſt ſie an: ſo läßt ſich ein in den Vereinigungspunct der Strahlen gebrachter leicht entzündlicher Körper, z. B. ein Stückchen Zunderſchwamm, anzünden. Sollen indeſſen dergleichen Verſuche ganz entſcheidend für die Wärmeſtrahlung ſeyn: ſo muß der erhitzte Körper nicht zugleich leuchten, alſo nicht glühen. — Der erſte, der Verſuche über Wärmeſtrahlung angeſtellt hatte, war Scheele.

§. 640. Aus dem eben beſchriebenen Verſuche ergibt ſich, daß Wärmeſtrahlen aus Körpern ausgeſendet werden (hier aus dem erhitzten Körper, der in dem Brennpuncte des einen Hohlſpiegels ſich befindet); daß dieſe Strahlen, wenn ſie auf die Oberfläche der Körper auffallen, mehr oder weniger zurückgeworfen werden (hier von den beyden Hohlſpiegeln); daß endlich ein größerer oder kleinerer Theil derſelben auch von den

Körpern, die ſie treffen, **aufgenommen** werde, und mithin dieſen Körper erwärme (wie hier das Thermometer in dem Brennpuncte des zweyten Hohlſpiegels erwärmt wird). Hier iſt nur noch zu erörtern, welche Umſtände auf das **Ausſtrahlen**, **Einſaugen** und **Zurückwerfen** der Wärmeſtrahlen von Einfluß ſind.

Die ſtrahlende Wärme iſt übrigens auch einer Brechung (§. 390.) fähig, wenn ſie in Geſellſchaft des Lichtes durchſichtige Körper durchgehet.

§. 641. I. Auf das **Ausſtrahlen** der Wärme hat die Beſchaffenheit der **Materien**, und bey Körpern desſelben Stoffes auch die Beſchaffenheit der **Oberflächen** einen bedeutenden Einfluß. Erfahrungen haben darüber Folgendes gelehrt. Ein und derſelbe Körper ſtrahlt deſto weniger Wärme aus, je glatter und glänzender, deſto mehr, je rauher ſeine Oberfläche iſt; wahrſcheinlich darum, weil an einer rauhen Oberfläche mehr Ausſtrahlungspuncte vorhanden ſind. — Unter den verſchiedenen Körpern, mit denen man Verſuche angeſtellt hat, hat man die Metalle mit glänzenden Oberflächen als diejenigen Körper gefunden, deren ausſtrahlendes Vermögen das kleinſte iſt. Größer wird es, wenn die Oberfläche den Glanz und die Politur verliert (z. B. wenn ſie zerkratzt wird oder an der Luft anläuft). — Ferner beſitzt Glas ein größeres ſtrahlendes Vermögen, als die Metalle; eben ſo die Stoffe, die von organiſchen Körpern herkommen, z. B. Harz, Papier u. dgl. Am größten hat man dieſes Vermögen am Lampenſchwarz und am Waſſer gefunden.

**Verſuche.** Ein hohler zinnerner Würfel von einigen Zoll im Durchmeſſer, der in der Mitte der obern Fläche einen Hals hat, werde an der einen Seitenfläche mit Papier oder einem Goldſchlägerhäutchen bedeckt, die andere Fläche werde über der Flamme einer Öhllampe ſchwarz gemacht, die dritte zerkratzt, die vierte bleibt blank und glänzend. Nun fülle man das Gefäß mit heißem Waſſer, ſenke das Queckſilberthermometer darein, und ſtelle den Würfel in die Nähe eines Luftthermoſcops, zwiſchen deſſen zwey Kugeln ein Schirm von Pappe mit Goldpapier überzogen, angebracht wird (ſ. Zeichn. 79.). Die Bewegung der Flüſſigkeit f wird eine Temperaturerhöhung an-

zeigen; und zwar die größte, wenn die ſchwarze Seite gegen die Kugel k gewendet iſt, eine kleinere bey der mit Goldſchlägerhaut bekleideten und zerkratzten, die kleinſte bey der blanken.

Man fülle ein von Zinn verfertigtes kugelförmiges oder cylindriſches, mit einem engen Halſe verſehenes Gefäß mit heißem Waſſer, ſtelle ein Thermometer in das letztere, bringe das Gefäß in ein mäßig warmes Zimmer, und bemerke die Zeit, welche verfließet, bis das Thermometer etwa auf die Hälfte des Unterſchiedes der Temperatur des Waſſers und der Luft in dem Zimmer fällt. Man wiederhohle denſelben Verſuch, nachdem man das Gefäß früher von der Flamme einer Lampe ſchwarz hat anlaufen laſſen. Es wird ſich zeigen, daß in dem zweyten Falle eine gleich große Abkühlung des Waſſers in einer viel kürzern Zeit (beynahe in der Hälfte derſelben) erfolgt. Nimmt man zwey Gefäße: ſo wird in der bekleideten die Wärme ſchneller abnehmen.

Mittelſt dergleichen Verſuche hat man das Ausſtrahlungsvermögen verſchiedener Körper verglichen. Es wird bey folgenden Körpern durch die beygeſetzten Zahlen ausgedrückt: Ruß 100, Waſſer 100, Schreibpapier 98, gemeines Glas 90, Tuſch 88, Queckſilber 20, gewälztes Bley 19, polirtes Eiſen 15, Gold, Silber, Kupfer, Zinn 12.

§. 642. II. Eben ſo hat auch auf das Einſaugen der Wärmeſtrahlen die Beſchaffenheit der Oberfläche einen bedeutenden Einfluß. Das Vermögen der Oberflächen, die Wärme zu abſorbiren, verhält ſich, ſo wie das ſtrahlende Vermögen derſelben. Die rauhen Oberflächen ſaugen nähmlich die Wärme leichter und ſchneller ein, als die glatten und glänzenden; und unter allen ſind die polirten metalliſchen Flächen diejenigen, von denen die Wärme am wenigſten abſorbirt wird.

Um Verſuche anzuſtellen, verändert man die Oberfläche der Kugel an dem Thermoſcope.

Leicht erklärt ſich aus dem Geſagten, warum ſchwarzes Papier, ſchwarze Äcker ꝛc. ſich leichter erhitzen; warum man die Wände, an welchen Pfirſichbäumchen ſtehen, ſchwarz anſtreicht u. d. m.

§. 643. III. In Beziehung auf die Reflexion der Wärme gilt Folgendes. Diejenigen Oberflächen, welche die Wärme am ſchlechteſten ausſtrahlen und einſaugen, werfen ſie am beſten zurück, und umgekehrt, wie von ſelbſt einleuchtend iſt.

Eben darum bedient man ſich zur Zurückwerfung der Wärmeſtrahlen **metallener** Spiegel (§. 639.). Übrigens wird ein Wärmeſtrahl niemahls ganz, ſondern nur zum Theil reflectirt, zum Theil aber abſorbirt, oder auch durchgelaſſen. Hierin iſt die Wärme dem Schalle ähnlich. —

Bey einem gläſernen Brennſpiegel iſt nur die vordere Fläche in Beziehung auf die Zurückſtrahlung der Wärme wirkſam; denn nach **Leslie's** Verſuchen wird ſein Vermögen nicht verändert, wenn die Belegung der hintern Fläche abgekratzt wird; auch nicht, wenn dieſe mit Sand und Schmirgel matt gerieben wird. **Leslie** fand, daß, wenn ſo ein Spiegel in ſeinem Brennpuncte das Differenzial-Thermometer um einen Grad erwärmt, die Temperatur auf 10° ſteige, wenn man ihn an der Vorderfläche mit Zinnfolie bedeckt. Wird er aber mit Lampenſchwarz überzogen: ſo wird ſeine Wirkung null.

§. 644. **Schirme.** — Die Strahlung der Wärme geſchieht gewöhnlich in der **atmoſphäriſchen Luft.** Mehreren darüber von **Leslie** angeſtellten Verſuchen zu Folge hat dieſe Erſcheinung auch in andern **ausdehnſamen Flüſſigkeiten** Statt. Eben ſo findet ſie Statt im luftverdünnten Raume. Ob im Waſſer, iſt ſchwer durch Verſuche zu entſcheiden. **Feſte Körper** aber hindern offenbar die Strahlung. Sie können demnach bey Verſuchen über dieſen Gegenſtand als **abhaltende Schirme** dienen. Ein Schirm iſt nothwendiger Weiſe deſto abhaltender, je weniger ſeine beyden Oberflächen die Wärme zu abſorbiren (§. 642.) fähig ſind, und je dicker er iſt; auch iſt die Natur der Subſtanz, aus der er beſteht, von Einfluß. — Man ſtellt ſich den Vorgang bey einem Schirme ſo vor, daß man annimmt, die Wärmeſtrahlen würden von der erſten Fläche desſelben theils zurückgeworfen, theils abſorbirt, die abſorbirte Wärme verbinde ſich nun mit dem Innern des Körpers, und ein Theil derſelben werde von der andern Fläche ſtrahlend ausgeſendet. — Alles dieſes gilt von der **dunkeln** Wärme. Iſt ſie mit Licht verbunden: ſo hat die Strahlung auch durch manche durchſichtige Körper Statt. So z. B. dringen die Sonnenſtrahlen durch Glas, ohne dieſes viel zu erwärmen; ſelbſt durch Eis,

z. B. durch gefrorne Fenſterſcheiben, ohne eine merkliche Schmelzung daran zu bewirken.

Leslie ſtellte Verſuche mit Glastafeln an, deren eine Seite mit Zinnfolie bekleidet war. Gebrauchte er eine ſolche Glastafel als Schirm, indem er die Wärmeſtrahlen mit der unbekleideten Fläche auffing: ſo wurde die Wirkung derſelben ſehr geſchwächt. Aber ganz aufgehoben wurde ſie, wenn die Strahlen von der Metallbelegung aufgefangen wurden. Gebrauchte er zwey ſolche Tafeln als zuſammengeſetzten Schirm, indem er ſie mit den unbekleideten Seiten zuſammendrückte: ſo ſchienen ſie alle Wärmeſtrahlen unwirkſam zu machen. Kamen dagegen beyde Zinnfolien nach innen, ſo wurde die Wirkung der Wärmeſtrahlen zwar bedeutend geſchwächt, doch nicht aufgehoben.

§. 645. Jeder Körper ſtrahlet immerfort Wärme aus, und erhält von allen ihn umgebenden Körpern Wärmeſtrahlen. Empfängt er eben ſo viele Strahlen, als er ausſendet, ſo behält er ſeine Temperatur; widrigenfalls wird er abgekühlt oder erwärmt, wie von ſelbſt einleuchtet.

Ein Thermoſcop in einem Zimmer von gleichmäßiger Temperatur ſtrahlt ſo viel Wärme aus, als es empfängt; denn es ſendet zwar rings herum Wärmeſtrahlen gegen alle Puncte des Zimmers, es empfängt aber auch Strahlen von allen Puncten. Man ſtelle einen Schirm davor, es ändert ſich ſeine Temperatur nicht. Sehr begreiflich. Denn ſo viele Wärmeſtrahlen jetzt gehindert werden von der Wand ab (Zeichn. 80.) auf das Thermoſcop zu gelangen, ſo viele gelangen nun von dem Schirme sm darauf. Ein anderer Fall aber iſt der, wenn das Thermoſcop, oder was immer für ein Körper, ſich im Freyen befindet; hier gibt es keinen Schirm und keine zurückſtrahlende Wand, wenn der Himmel heiter iſt. Iſt er mit Wolken bedeckt, ſo ſind dieſe, ſo weit ſie ausgedehnt ſind, eine ſolche Wand. Daher auch die größere Erkältung, welche die Körper unter ſonſt gleichen Umſtänden erleiden, wenn ſie Nachts bey reinem Himmel Wärme ausſtrahlen, als wenn der Himmel bedeckt iſt. Scharfſinniger Weiſe gründet darauf Herr Wells ſeine Theorie vom Thau.

Man hat in einen an ſeiner inneren Fläche möglichſt polirten Metallbecher A (Zeichn. 81.) ein Differenzthermometer ſo geſetzt, daß die eine Kugel desſelben k, welche man früher geſchwärzt hatte, in den

Brennpunct zu ſtehen kam. Man hat nun dieſen Metallſpiegel A bald gegen den blauen Himmel hin, bald den Wolken zugewendet, und in dem zweyten Falle gefunden, daß die Bewegung der Flüſſigkeit eine Erwärmung der Kugel k anzeigte. Dieſer Vorrichtung hat man den Nahmen Äthriometer gegeben.

Aus der erwähnten gegenſeitigen Strahlung der Körper erklärt ſich auch folgende auffallende Erſcheinung. Wird in den Brennpunct eines der beyden Hohlſpiegel des im §. 639. beſchriebenen Verſuches ein Gefäß mit Eis ſtatt eines erhitzten Körpers gebracht, und in den Brennpunct des andern die Kugel eines Thermometers: ſo zeigt das letztere augenblicklich auf Kälte, als ob es hier Kälteſtrahlen gäbe. Bedenkt man aber, daß jeder Körper Wärme ausſtrahlt, ſo wie jeder von allen übrigen auch Wärmeſtrahlen empfängt: ſo erklärt ſich die Erſcheinung von ſelbſt. Denn ſtrahlt er mehr Wärme aus, als er empfängt, ſo wird er erkältet; im entgegengeſetzten Falle aber erwärmt. In dem angeführten Verſuche empfängt die mit Eis gefüllte Glaskugel, als der kältere Körper, von dem ihr nächſten Spiegel mehr Wärmeſtrahlen, als ſie ihm zuſendet, der Spiegel erhält von dem zweyten ihm entgegenſtehenden Spiegel mehr, als er zurückſenden kann, und ſo erſetzt dieſer letztere ſeinen Verluſt durch die Strahlen des Thermometers. Man nimmt etwas Ähnliches wahr am Lichte. Wird nähmlich in den erſten Brennpunct des Spiegels eine ſchwarze Kugel geſtellt, und in den Brennpunct des zweyten ein weißes Papier: ſo zeigt ſich auf letzterem ein etwas dunkler Fleck. Es iſt auch hier eine ſcheinbare Zurückwerfung von Finſterniß oder Dunkelheit.

Die Art, in Bengalen Eis zu machen, iſt auch, wenigſtens zum Theil, eine Folge der Wärmeſtrahlung. Man gräbt in ebenen Gegenden flache Gruben, etwa 30 Fuß weit und etwa 2 Fuß tief. Der Boden wird etwa 1 Fuß hoch mit trockenen Mais- oder Zuckerrohrſtängeln bedeckt, und darauf werden irdene flache Gefäße geſtellt, die auf einige Zoll hoch mit Waſſer gefüllt ſind. In windſtillen heiteren Nächten entſteht auf dem Waſſer eine Eisrinde. Dieſe Erſcheinung hat man ſonſt aus der (erſt ſpäter anzuführenden) Abkühlung durch Verdünſtung zu erklären geſucht. Da aber die Eisbildung nicht gelingt, wenn das Stroh feucht iſt, dieſelbe ferner auch durch Wind verhindert wird (welcher doch die Verdünſtung befördert): ſo ſcheint die Abkühlung hier eine Folge der Wärmeſtrahlung zu ſeyn. Dieſe Erſcheinung hat übrigens Statt, wenn auch ein zwiſchen die Gefäße geſtelltes Thermometer noch auf 2° bis 5° C zeigt, und die Temperatur der Atmoſphäre noch höher iſt.

## Fortgeleitete Wärme.

§. 646. Über die bereits (§. 638.) erwähnte Fortleitung der Wärme lehret die tägliche Erfahrung, daß, wenn zwey oder mehrere Körper in Berührung ſtehen, der wärmere dem kälteren ſo lange Wärme mittheilt, bis alle eine gleiche Temperatur haben, daher denn z. B. alle in einem Zimmer ſich durch längere Zeit befindenden Körper dieſelbe Temperatur zeigen, diejenigen ausgenommen, die eine Quelle der Wärme in ſich haben, wie z. B. die thieriſchen. Man ſagt von ſolchen mit einander in Berührung ſtehenden Körpern, ſie ſeyen in dem Zuſtande des Gleichgewichtes der Wärme. Dieſer Zuſtand kann indeſſen nie bleibend ſeyn, indem es immer Urſachen gibt, die eine Erwärmung oder Erkältung eines oder des andern Körpers verurſachen. — Die Mittheilung der Wärme geht ferner deſto ſchneller von ſtatten, je größer der Unterſchied der Temperatur iſt in den einander berührenden Körpern. Man ſieht dieſes ſchon am Thermometer, deſſen Kugel man etwa in die Hand nimmt; anfangs ſteigt das Queckſilber ziemlich ſchnell, dann immer langſamer, bis es ſtille ſteht. — Endlich lehrt die Erfahrung, daß die Wärme ſich durch alle Körper verbreite, keinen ausgenommen; es iſt bisher keine Materie gefunden worden, welche dienen könnte, die Wärme abzuſchließen. Allein nicht durch alle Materien geſchieht die Verbreitung derſelben mit gleicher Leichtigkeit und mit gleicher Schnelligkeit. Ein Metallſtänglein mit dem einen Ende ins Feuer gehalten, wird auch an dem andern Ende bald ſo heiß, daß es für die Berührung ſchmerzhaft wird; ein hölzerner Stab von derſelben Länge wird die Hand wenig erhitzen, wenn er auch an dem andern Ende ſchon in Flamme ausgebrochen iſt. Auch eine Glasröhre kann ziemlich nahe an der Stelle, wo ſie glühet, gehalten werden. Man nennet die Körper, je nachdem ſie die Wärme leichter und ſchneller, oder ſchwerer und langſamer zu leiten fähig ſind, gute oder mittelmäßige oder ſchlechte Wärmeleiter. Überdieß iſt noch in Beziehung auf die flüſſigen Materien zu bemerken, daß in ihnen die Vertheilung

der Wärme auch mit einer Ortsveränderung ihrer Theilchen verbunden ſey.

Um über die Abkühlung Geſetze aufzufinden, waren ſehr viele Phyſiker eifrigſt bemüht, als: Lambert, Mayer u. a. m. In den neueren Zeiten ſtellten (außer den theoretiſchen Unterſuchungen von Fourier und Poiſſon) beſonders Dulong und Petit Verſuche darüber an. Für den Fall, daß ein Körper in einem abgeſchloſſenen leeren Raume erkaltet, ſtellten ſie dieſe Formel auf: $v = m a^{\vartheta} (a^{t} - 1)$. Darin bezeichnet v die Erkaltungsgeſchwindigkeit, m eine von der Natur des Körpers abhängige Conſtante, a die Zahl 1,0077, $\vartheta$ die Temperatur des leeren Raumes, t den Temperaturüberſchuß des erkaltenden Körpers über den leeren Raum. (S. Ann. de Chimie V. VII. p. 225. 237.)

§. 647. Das Wärmeleitungsvermögen der Körper (§. 646.) iſt nicht von allen Phyſikern in derſelben Bedeutung genommen worden. Manche nannten diejenigen Körper beſſere Leiter, welche unter denſelben Umſtänden leichter abgekühlt, andere diejenigen, welche leichter erwärmt werden; auch wurde hiebey nicht immer genug Rückſicht genommen auf die verſchiedene Eigenſchaft der Oberflächen, Wärmeſtrahlen auszuſenden oder zu abſorbiren. Wir wollen hier unter Leitungs- oder Fortleitungsvermögen die Fähigkeit verſtehen, die Wärme im Innern ſtrömen zu laſſen. Man ſieht von ſelbſt, daß hiebey ein Theilchen dem nachbarlichen (das wärmere dem kälteren) Wärme mittheile. Man kann ſich übrigens dieſe Mittheilung auch als eine Strahlung von Punct zu Punct, oder von Theilchen zu Theilchen vorſtellen. Dieſes Fortleitungsvermögen iſt ſehr gering bey flüſſigen Materien, ſowohl bey den tropfbaren (mit Ausnahme des Queckſilbers), als bey den ausdehnſamen, ſo zwar, daß Rumford ihnen alles eigentliche Wärmeleitungsvermögen abgeſprochen hat. Dieſe Eigenſchaft, die Verbreitung der Wärme zu hindern, gilt indeſſen von den Flüſſigkeiten nur, in ſo fern ſie im Zuſtande der Ruhe ſind. So z. B. hindert die zwiſchen den Winterfenſtern eingeſchloſſene Luft äußerſt bedeutend das Verſchwinden der Zimmerwärme. Winde dagegen, je nachdem die ſtrömende Luft

warm oder kalt iſt, erwärmen und erkälten die Körper bekannt-lich ſehr ſtark. Wie aber durch Strömungen die Wärme in den Flüſſigkeiten ſich verbreite, davon wird ſpäter eigens die Rede ſeyn. —

Die feſten Körper ſind im Allgemeinen deſto beſſere Wärme-leiter, je dichter ſie ſind; ſo z. B. gehören die Metalle zu den beſten Leitern. Bey verſchiedenen Metallen iſt übrigens, wie ohnedieß zu erwarten iſt, das Leitungsvermögen wieder verſchie-den (ſehr groß z. B. bey Silber und Eiſen, ziemlich gering bey Platin, obgleich dieſes das dichteſte Metall iſt; woraus zugleich erhellet, daß dieſes Vermögen nicht genau der Dichte proportional iſt). Die ſteinartigen Foſſilien ſind mittel-mäßige Wärmeleiter; dahin gehöret auch Glas, welches ziem-lich ſchlecht leitet, noch ſchlechter der Thon. Sehr ſchlechte Lei-ter der Wärme ſind die vegetabiliſchen und animaliſchen Körper, und unter ihnen die ſchlechteſten: Kork, Stroh, Kohle, Aſche; dann Baumwolle, Wolle, Seide, Haare, Federn. Nach Rumford's Meinung iſt die Urſache der ſchlechten Wärmeleitung dieſer und ähnlicher Körper die zwi-ſchen den Haaren, Federn ꝛc. eingeſchloſſene ruhige Luft. Merk-würdig iſt es, daß das Holz die Wärme beſſer fortleitet in der Richtung der Faſern, als ſenkrecht auf dieſelben, wie ſich leicht zeigen läßt an zwey Stäben, die aus demſelben Holze nach dieſen zwey Richtungen geſchnitten ſind. Überhaupt wird die Wärme deſto ſchlechter ſortgeleitet, je öfter ſie in einen neuen Körper von verſchiedener Dichte zu über-gehen hat; daher auch mehrere Schichten irgend eines Körpers dem Fortgange der Wärme mehr Widerſtand leiſten, als eine dickere Schichte desſelben Körpers.

Als einen die Hitze ſehr gut iſolirenden Mörtel will man Lehm mit Koh-lenpulver befunden haben.

Ingenhouß hat über das Leitungsvermögen verſchiedener Metalle Verſuche angeſtellt, welche (mit einiger Abänderung) auf folgende Weiſe ſich gut wiederhohlen laſſen. In einem viereckigen mit Sei-tenröhrchen verſehenen Kaſten von Weißbleich (Zeichn. 82.) werden durch die Röhren a, b, c, d u. ſ. w. Cylinder von verſchiedenen Metallen geſteckt, in geſchmolzenes Wachs getaucht, ſchnell heraus-

gezogen und abgekühlt. Nun fülle man den Kaſten mit heißem Öhle. Das Wachs ſchmilzt an den Cylindern mit ungleicher Schnelligkeit. Ingenhouß und Franklin fanden die Leitungsfähigkeit bey Metallen in folgender Reihe abnehmend: Silber, Kupfer, Gold, Zinn, Eiſen, Stahl, Bley. — Despretz ſtellte Verſuche mit Prismen an, welche er mit Firniß überzog (um den Oberflächen ein gleiches Strahlungsvermögen zu verleihen), mit Löchern verſah (um Queckſilber hinein zu thun und in dieſes die Thermometer zu tauchen) und mittelſt Lampen erhitzte. Er fand die Reihe etwas anders. Sie iſt, mit den Angaben noch anderer Forſcher (als Richmann, Fiſcher u. a.) angeführt unter den Tabellen des Anhanges. — J. T. Mayer eignet demjenigen Körper die größte Leitungskraft zu, welcher (unter übrigens gleichen Umſtänden) in einem kalten Mittel am geſchwindeſten um gleich viel Grade abgekühlt wird. Er ließ in ſeinen Verſuchen die Körper in der Luft abkühlen. — — Böckmann hat über Erkältungsfähigkeit und Erwärmungsfähigkeit viele Verſuche angeſtellt und fand die eine der andern keinesweges gleich.

Wenn ein feſter Körper (etwa eine Stange von Metall) an dem einen Ende erhitzt wird: ſo iſt die Abnahme der Wärme von dem erhitzten Ende an (ſelbſt bey einem guten Wärmeleiter) ziemlich ſchnell. Wird eine ſolche Stange an dem einen Ende in geſchmolzenes Bley getaucht, und dieſes im Schmelzen erhalten (um immer eine gleich große Erhitzung zu haben): ſo iſt die Stange, nachdem die Temperatur ſtationär geworden iſt, in einem Abſtande von einigen Schuh nicht um einen Grad höher erwärmt, als vor der Erhitzung, und doch iſt die Temperatur des ſchmelzenden Bleyes = 312 Gr. des hunderttheiligen Thermometers. Um dieſe Abnahme zu beobachten, kann man ſich einer Stahlſtange bedienen, in welcher immer in dem Abſtande von drey zu drey Zoll ein Loch ſich befindet, worein man beym Verſuche ein Thermometer verſenkt, nachdem man (um die Berührung der Thermometerkugel mit der Stange inniger zu machen) etwas Queckſilber eingegoſſen hat. Biot fand bey einem ſolchen Verſuche, daß die Temperaturen der verſchiedenen Stellen von der erhitzten Stelle Glieder einer geometriſchen Reihe bilden, wenn die Entfernungen dieſer Stellen Glieder einer arithmetiſchen Reihe ſind. (S. Zeichn. 83.)

§. 648. Anwendungen. Aus der verſchiedenen Leitungsfähigkeit der Körper für die Wärme laſſen ſich ſehr viele Erſcheinungen erklären. Eben ſo kann man in

techniſcher, ökonomiſcher und mediciniſcher Beziehung unzählige Anwendungen von ihr machen. Überall nähmlich, wo es uns darum zu thun iſt, die Wärme ſchnell zu verbreiten, bedienen wir uns guter Wärmeleiter; der ſchlechten dagegen, ſo oft es unſer Wunſch iſt, die Wärme in irgend einem Körper zurückzuhalten.

Einige Beyſpiele. Wenn wir ein Stück Holz und ein Stück Metall, die die nähmliche Temperatur haben, aber kälter ſind als unſer Körper, berühren: ſo ſcheint uns das Metall viel kälter zu ſeyn als das Holz; es raubt uns nähmlich jenes ſchneller als dieſes einen Theil der Wärme. Eben ſo haben wir immer das Gefühl von Kälte, wenn wir einen Finger in Queckſilber tauchen, wenn auch dieſes nicht wirklich kälter iſt, als die andern Körper der Umgebung. Ein angezündetes Räucherkerzchen, auf ein hölzernes Bretchen geſtellt, brennt ganz aus; nicht ſo, wenn es auf eine Metallplatte geſtellt wird, hier wird ſeinem untern Theile zu viel Wärme entzogen. — In einem Gefäße aus Metall wird Waſſer ſchneller zum Sieden gebracht als in einem irdenen. — Metallene Theekannen, auch andere Körper, die ſtark erhitzt werden, verſieht man mit Handhaben von Holz (einem ſchlechten Wärmeleiter) oder umwickelt die metallenen mit Tuch, Papier u. d. m. Ein beſonders ſchlechter Wärmeleiter iſt Asbeſt. Mittelſt daraus verfertigter Handſchuhe kann man glühendes Eiſen angreifen, und einige Zeit halten. Solche Handſchuhe wie auch Kappen von Asbeſt gehören mit zu den Feuerlöſch-Requiſiten des Ritters v. Aldini. Hölzerne Wände eines Zimmers halten die Wärme beſſer zuſammen als Wände von Stein; den letzteren kann man in dieſer Hinſicht zu Hülfe kommen durch eine hölzerne Bekleidung, durch Tapeten u. d. m. Unter Strohdächern iſt es im Winter in geheitzten Wohnungen wärmer, als unter Ziegeldächern, und kühler im Sommer. — Bäume werden durch Hüllen von Stroh vor der ſchädlichen Einwirkung des Froſtes geſchützt. Den Eisgruben gibt man, um die äußere Wärme abzuhalten, hölzerne Bekleidungen. — Zu Kleidungen unſers Körpers, zu Decken u. d. m. (um Wärme zurückzuhalten) bedient man ſich bekanntlich der Wolle, Seide, der Federn. Wolle, Federn, Pelzwerk ſchützt bekanntlich beſſer vor Kälte, als eine dickere und dichtere Hülle von Leinwand oder Leder. Nach Rumford's Verſuchen nimmt die Wärmeleitungsfähigkeit der zu Kleidungen gewöhnlichen Stoffe in der im §. 647. angegebenen Ordnung ab. Biberfell, Haſenfell und Federn hält er für die ſchlechteſten Wärmeleiter. Die Anwendung des Wachstaffets als Heilmittel iſt bekannt. —

Für die Einrichtung von Öfen, Herden, Röhrenleitungen bey Bädern u. d. m. laſſen ſich von der Lehre über die Leitungsfähigkeit der Körper ſehr nützliche Anwendungen machen.

Einer der ſchlechteſten Wärmeleiter iſt der Schnee. Daß er das Erdreich und die Gewächſe als eine wohlthätige Decke vor den ſchädlichen Wirkungen des Winterfroſtes ſchütze, iſt eine bekannte Sache. — Auch jene oben (§. 647.) angeführte Eigenſchaft des Holzes, nach der Quere der Faſern ſich langſam abzukühlen und bey eintretender milder Witterung langſam zu erwärmen, kommt den Gewächſen ſehr zu Statten.

§. 649. **Wärmefortführendes Vermögen der Flüſſigkeiten.** Bey flüſſigen Materien hat zwar die Mittheilung der Wärme von Theil zu Theil allerdings auch, obgleich ſehr langſam, Statt; zugleich aber entſtehen **Strömungen** in der Flüſſigkeit, und beynahe nur dieſe bewirken die Vertheilung der Wärme durch die ganze Maſſe. Wird z. B. Waſſer in einem Gefäße über eine Flamme geſetzt, ſo werden zuerſt die unterſten Theile des Waſſers erwärmt. Das Waſſer wird demnach in den untern Schichten ausgedehnt, wird alſo ſpecifiſch leichter; die erwärmten Theile ſteigen mithin aufwärts, die kältern abwärts. Nun werden auch dieſe wärmer und ausgedehnt und ſteigen aufwärts ꝛc. Man kann die Ströme leicht beobachten, wenn man eine Glasröhre mit Waſſer füllt, und ſie ſchief über eine Weingeiſtflamme hält, um den Boden derſelben zu erwärmen. An der obern Seite a b der Glasröhre (Zeichn. 84.) ſieht man nun eine Strömung nach aufwärts, an der untern Seite c d dagegen eine nach abwärts. Um die Erſcheinung ſichtbarer zu machen, kann man früher irgend ein leichtes Pulver (z. B. nicht allzu fein geſtoßenen Bernſtein) unter das Waſſer mengen; die Pulvertheilchen werden nun mit dem Strome fortgeriſſen. Eben ſo ſteigt die in einem geheitzten Zimmer erwärmte Luft in die Höhe, die kältere nach abwärts; darum iſt es auch oben immer bedeutend wärmer als unten. Sehr leicht kann man die Luftſtröme wahrnehmen, wenn man an der geöffneten Thür zwiſchen einem kalten und einem geheitzten Zimmer eine brennende Kerze hält. Wird ſie nahe am Boden gehalten, ſo wird

die Flamme nach dem warmen Zimmer hingeweht; hält man ſie ganz oben an die Thür, ſo bewegt ſie ſich nach dem kalten Zimmer hin; man findet irgendwo gegen die Mitte eine Stelle, wo ſie ruhig brennt. Oben ſtrömet die wärmere Luft nach der kältern Gegend hin, unter aber die kältere in entgegengeſetzter Richtung. —— In einem Zimmer, in welches die Sonne ſcheint, laſſen ſich manchmahl über dunkeln, von den Sonnenſtrahlen erwärmten Körpern aufſteigende Strömungen an feinem Staube wahrnehmen. — Auch im Freyen ſteigt die Luft, die ſich in der Nähe der Erde erwärmt hat, in die Höhe. Man könnte nun fragen, warum ſie oben dennoch kälter ſey. Die Urſache iſt, weil ſie oben, wo ſie weniger Druck erleidet, ſich verdünnet (§. 438.) und eben dadurch fähig wird, mehr Wärme ohne Erhöhung der Temperatur aufzunehmen, wie erſt aus ſpäteren Lehren über die ſogenannte ſpecifiſche Wärme erhellen wird, und hier nur einſtweilen erwähnt werden kann. —

Dieſe Eigenſchaft flüſſiger Materien, durch derley Strömungen die Wärme zu vertheilen, hat man das fortführende Vermögen derſelben genannt. Es übertrifft bey weitem die eigentliche Leitungsfähigkeit der Flüſſigkeiten. Daher auch Rumford auf die oben (§. 647.) erwähnte Meinung, ihnen die Leitungsfähigkeit ganz abzuſprechen, geleitet wurde.

Daß wirklich der bey weitem meiſte Theil der Wärme bey Flüſſigkeiten mittelſt der Strömungen fortgeleitet werde, lehret ſchon die gemeine Erfahrung, nach welcher die Verbreitung der Wärme in den Flüſſigkeiten von oben nach unten ſo ſchwer und langſam vor ſich geht. Durch folgenden Verſuch kann man dieſes recht ſichtlich darſtellen. Ein nicht gar ſeichtes Gläschen werde größtentheils mit Waſſer gefüllt, über das Waſſer etwas Äther gegoſſen und angezündet. Ein in einem andern Gläschen über die Flamme gehaltenes Waſſer wird ſtark erhitzt, da hingegen die Temperatur des unter dem brennenden Äther ſich befindenden nicht bedeutend erhöht wird. — Rumford ſtellte übrigens zur Beſtätigung ſeiner Meinung folgenden Verſuch an. Er legte auf den Boden eines cylindriſchen Gefäßes eine Eisſcheibe, befeſtigte ſie darin und goß heißes Waſſer darüber. Es vergingen Stunden und das Eis war nicht geſchmolzen. Er legte eine gleich dicke Eisſcheibe oben auf das heiße Waſſer, und es war in einigen Minuten geſchmolzen. In-

deſſen ward das Eis auch im erſten Falle dennoch geſchmolzen. Allein *Rumford* ſucht dieſes ohne Annahme einer Wärmeleitung von Theilchen zu Theilchen zu erklären, und zwar auf folgende Weiſe. Die dem Eiſe nächſten Waſſertheilchen werden erkältet und zwar auf 0° C. Weil aber das Waſſer, wie erſt ſpäter wird gezeigt werden, nicht bey 0° C, ſondern einige Grade darüber ſeine größte Dichte hat: ſo ſind die von dem Eiſe etwas entfernteren Theile die dichteſten und ſinken hinab, die kälteren ſteigen. Die an das Eis gelangten, etwas wärmeren, ſchmelzen wieder etwas Eis, und ſteigen aus demſelben Grunde, und ſo geht das fort. — Allein *Murray* goß in einen ausgehöhlten Eiscylinder Mandelöhl; ein, 1 Zoll unter die Oberfläche getauchtes, Thermometer zeigte auf 0°. Nun brachte er mit der Oberfläche des Öhls ein mit ſiedheißem Waſſer gefülltes Metallſchälchen in Berührung. Nach 15 Minuten zeigte das Thermometer die Temperatur $1\,{}^{1}/_{3}{}^{\circ}$ C. Da nun im Öhle kein ſolches Sinken wärmerer Theilchen Statt findet: ſo war dieſe Erwärmung eine Folge von Leitung, wiewohl von einer ſehr geringen. — Wenn übrigens der eine Theil des Flüſſigen dem andern ganz und gar keine Wärme mittheilen könnte: ſo würde kaltes und warmes Waſſer, zuſammen gemiſcht, keine gleichförmige Temperatur annehmen können; die Theilchen würden ſich trennen, das wärmere Waſſer müßte ſich hinauf, das kältere hinab begeben.

*Anwendungen.* Da die Flüſſigkeiten ſo ſchlechte Leiter ſind: ſo iſt es gut, den Kochgeſchirren einen weiten Boden zu geben, damit recht viel Theile zu gleicher Zeit erwärmt werden. Man kann auch, um die Wärme ſchneller durch die ganze Maſſe zu verbreiten, ein Kochgefäß mit Metalldrähten (als guten Wärmeleitern) durchziehen. Die Strömungen in Flüſſigkeiten laſſen ſich benützen, *um warmes Waſſer von dem Orte, wo es erhitzt wird, in eine andere Gegend des Hauſes zu leiten und das kältere in den Heitzkeſſel wieder zurückgehen zu machen.* Iſt z. B. ab (Zeichn. 85.) der Heitzkeſſel, und will man in ef warmes Waſſer haben: ſo verbinde man ab mit ef oben mittelſt einer horizontalen Röhre cd, und unten mittelſt einer Röhre gh. Das Waſſer im Keſſel ab iſt immer wärmer, und alſo ſpecifiſch leichter, als das im Gefäße ef, und ſteht daher auch höher, muß alſo nach ef überfließen; durch die Röhre gh dagegen geht unten das kältere Waſſer in den Keſſel; und ſo iſt eine immerwährende Circulation eingeleitet. — Eine vorzügliche Anwendung finden dieſe Strömungen bey der *Heitzung mit erwärmter Luft*, von welcher noch ſpäter die Rede ſeyn wird. Aus der

ſchlechten Leitungsfähigkeit der Flüſſigkeiten erklärt ſich auch, warum die Körper ſo langſam erkalten, welche Feuchtigkeit enthalten, deren Bewegung gehindert iſt, z. B. breyartige Speiſen, gebratenes Obſt u. d. m.

### Ungleichmäßige Vertheilung der Wärmethätigkeit in verſchiedenen Körpern, oder die ſpecifiſche Wärme derſelben.

§. 650. Wenn zwey gleich große Gewichtsmengen derſelben Materie auf denſelben Grad erwärmt ſind: ſo iſt offenbar in der einen ſo viel Wärmethätigkeit wirkſam, als in der andern. Denkt man ſich nun die Urſache der Wärme als einen Stoff (§. 627.): ſo muß man ſich für dieſen Fall vorſtellen, daß in dem einen Körper ſo viel Wärmeſtoff enthalten ſey, als in dem andern; denn es iſt offenbar kein Grund da, in dem einen mehr oder weniger anzunehmen. Iſt aber die Gewichtsmenge des einen zweymahl oder dreymahl ſo groß, als die des andern: ſo muß in jenem offenbar auch zweymahl oder dreymal mehr Wärmeſtoff vorhanden ſeyn. Werden nun zwey gleiche oder ungleiche Gewichtsmengen derſelben Materie mit einander in Berührung gebracht: ſo iſt es eben ſo einleuchtend, daß der Überſchuß der freyen Wärme aus der wärmeren Maſſe ſich gleichförmig unter das Ganze vertheilen müſſe, weil ebenfalls kein Grund zu einer andern Vertheilung vorhanden iſt. Wird z. B. ein Seitel Waſſer von 30° C zu einem Seitel Waſſer von 20° C gegoſſen: ſo muß das wärmere dem kältern von dem Überſchuſſe = 10 Gr. die Hälfte mittheilen, und die gemeinſchaftliche Temperatur wird ſeyn 25 Gr., das heißt 20° + 5° oder 30° — 5°. Man bekommt dasſelbe, wenn man die Temperaturen beyder Körper addirt und dann durch die Summe der Maſſen dividirt. Dasſelbe gilt nun eben ſo von einer beliebigen Zahl von Maſſen.

Geſetzt, es wären drey gleiche Maſſen, die erſte von 14, die zweyte von 16, die dritte von 30 Graden: ſo iſt nach ihrer Verbindung die gemeinſchaftliche Temperatur $= \frac{14 + 16 + 30}{3} = 20°$.

Sind aber die Maſſen ungleich: ſo ergibt ſich die gemeinſchaftliche Temperatur, wenn man die Summe der Producte aus den Maſſen in die

Temperaturen durch die Summe der Maſſen dividirt. Geſetzt, 2 Seitel von 35°, gemiſcht mit 3 Seiteln von 10° haben nach der Ausgleichung eine Temperatur $= \frac{2 . 35 + 3 . 10}{2 + 3} = 20$ Gr. Denkt man jedes Seitel für ſich: ſo erhält man die Summe der Temperaturen, dividirt durch die Summe der Maſſen $= \frac{35 + 35 + 10 + 10 + 10}{5}$ $= \frac{100}{5} = 20$ Gr. Allgemein drückt man dieſes ſo aus: $x = \frac{M T + m t}{M + m}$, wo M und m die Maſſen, T und t die Temperaturen, und x die Temperatur der Miſchung bedeutet. Die Erfahrung beſtätigt ganz dieſe Regel; nur muß man bey Verſuchen darüber nicht vergeſſen, diejenige Vorſicht zu beobachten, die bereits §. 632. Zuſ. iſt angegeben worden, weil immer ein Theil der Wärme während des Verſuches an die Luft und an das Gefäß, worin die Miſchung vorgenommen wird, verloren geht.

§. 651. Wenn dagegen zwey gleiche Maſſen von verſchiedenen Materien gleiche Temperaturen haben: ſo kann man nicht, wie bey gleichen Materien, behaupten, daß auch davon, was die Urſache der Wärme iſt, in beyden Maſſen gleich viel ſeyn müſſe. Es wäre ja allerdings möglich, daß die individuelle Natur verſchiedener Körper verſchiedene Wirkung auf die Wärmethätigkeit äußern könnte. Mit andern Worten: Temperatur iſt ein beſtimmter Sättigungsgrad mit Wärme. Es könnte ja mehr Wärme erfordert werden, um aus zwey der Gewichtsmenge nach gleichen, der Natur nach aber verſchiedenen Körpern A und B den einen auf denſelben Grad zu ſättigen wie den andern. Werden nun zwey Körper verſchiedener Natur mit einander in Berührung gebracht, und ſind ſie ungleich warm: ſo kann man nicht, wie bey gleichartigen Materien (§. 650) behaupten, die Temperatur müſſe ſich auch hier im Verhältniſſe ihrer Maſſen gleichmäßig vertheilen. — Was lehrt nun die Erfahrung? Daß ſich in dem angegebenen Falle die Wärme wirklich weder in dem Verhältniſſe der Maſſen, noch in dem Verhältniſſe der Räume, vertheilt. Schüttet man z. B. ein oder zwey Pfund Queckſilber von der Temperatur 0° C zu einer dem Gewichte nach

gleichen Menge Waſſers von 100° C: ſo zeigt (nachdem beyde Materien eine gleiche Temperatur erlangt haben), ein in die eine oder in die andere getauchtes Thermometer keineswegs die mittlere Temperatur von 50° C, ſondern die von etwas mehr als 97° C. Es hat mithin die Temperatur des Queckſilbers um mehr als 97° C zugenommen, die des Waſſers aber um nicht ganz 3 Grade abgenommen; ungeachtet das Queckſilber offenbar nur diejenige Menge von Wärmethätigkeit erhalten hat, die von dem Waſſer in dasſelbe übergetreten iſt. Macht man den Verſuch umgekehrt, war nähmlich das Waſſer früher 0° C, das Queckſilber aber 100° C: ſo iſt die gemeinſchaftliche Temperatur nahe 3° C. Hier hat das Queckſilber über 97 Grade verloren, das Waſſer faſt 3 Grade gewonnen. Offenbar alſo vermag diejenige Wärmemenge, welche das Waſſer nahe um 3 Grade zu erwärmen im Stande iſt, eine gleiche Gewichtsmenge Queckſilber um mehr als 97 Grade wärmer zu machen, oder (was dasſelbe iſt) diejenige Wärmemenge, die das Waſſer um einen Grad erwärmt, erwärmt eine dem Gewichte nach gleiche Menge Queckſilber nahe um 33 Grade. Hat mithin eine gewiſſe Menge Waſſers dieſelbe Temperatur wie eine gleiche Gewichtsmenge Queckſilber: ſo iſt in dem erſteren 33 Mahl mehr Wärmethätigkeit vorhanden.

Ein ähnlicher Verſuch, mit Waſſer und Terpentinöhl angeſtellt, führet auf das Reſultat, daß das Waſſer zur Erhöhung der Temperatur um gleich viel Grade doppelt ſo viel Wärme nöthig habe, als eine gleiche Menge von dem Öhl; denn iſt die Temperatur des erſteren 90° C, die des letzteren 30° C, ſo iſt nach der Mengung die gemeinſchaftliche Temperatur = 70° C. Jenes verlor nur 20°, dieſes gewann 40°. — Schon wenn man gleiche Gewichtsmengen dieſer beyden Flüſſigkeiten in gleichen Gefäßen über gleicher Weingeiſtflamme erhitzt: ſo ergibt ſich, daß das Terpentinöhl ſich weit ſchneller erhitze.

Man könnte indeſſen auf den Gedanken kommen, daß vielleicht die Wärmethätigkeit ſich nach dem Rauminhalte der Körper vertheile, allein auch dieſes iſt nicht der Fall. Nimmt man z. B. ein Seitel einer Flüſſigkeit von 100° C und ein Seitel einer andern von 0° C: ſo iſt auch hier nicht die gemeinſchaftliche Temperatur die mittlere, ſondern eine größere oder kleinere als 50° C.

§. 652. Dieſe Fähigkeit verſchiedener Körper von gleicher Gewichtsmenge bey einer Erwärmung um gleich viel Grade eine ungleich große Wärmemenge in ſich aufzunehmen, nennet man die Capacität derſelben für die Wärme. Die Menge von Wärme aber, die ein Körper nöthig hat, um mit einem andern Körper von gleicher Gewichtsmenge eine gleiche Temperatur zu haben, heißt ſeine ſpecifiſche Wärme. In dem oben (§. 651.) angeführten Beyſpiele iſt die Wärmecapacität und mithin auch die ſpecifiſche Wärme des Waſſers nahe 33 Mahl größer als die des Queckſilbers.

Allgemein ausgedrückt: Nennt man die Wärmecapacitäten zweyer Körper C, c, ihre ſpecifiſchen Wärmen W, w, ſo iſt C : c = W : w.

§. 653. Ausdruck für die Wärmecapacität. — Man ſieht, daß die Wärmecapacität oder die ſpecifiſche Wärme eines jeden Körpers mit der eines jeden andern ſich vergleichen laſſe. Um aber auf eine leichtere Weiſe davon zu ſprechen, verfährt man hier ſo wie bey der Angabe des ſpecifiſchen Gewichtes. Man drückt nähmlich die Wärmecapicität des reinen Waſſers durch 1, die jedes andern Körpers durch irgend eine Zahl aus, die größer als 1 oder eine Bruchzahl iſt. Wäre z. B. die Wärmecapacität eines Körpers angegeben = 2, ſo will man dadurch ſagen: dieſer Körper braucht doppelt ſo viel Wärme als eine gleich große Gewichtsmenge Waſſers, um von 0° auf irgend eine Temperatur erwärmt zu werden. — Die ſpecifiſchen Wärmen der gasförmigen Flüſſigkeiten beſtimmt man in Beziehung auf die der atmoſphäriſchen Luft, welche = 1 geſetzt wird.

Daß ſich die Capacitäten zweyer Körper ſo verhalten wie ihre ſpecifiſchen Wärmen, iſt bereits §. 652.) geſagt worden. Die Ausdrücke für jene gelten mithin auch für dieſe. Will man indeſſen, da der Begriff doch nicht ganz derſelbe iſt, einen Unterſchied machen, und nennt die Capacität irgend eines Körpers C, ſeine ſpecifiſche Wärme W, die Capacität des Waſſers 1, ſeine ſpecifiſche Wärme $\omega$, ſo iſt (nach §. 652., Zuſatz) C : 1 = W : $\omega$, mithin W = C$\omega$.

Man kann übrigens bey Verſuchen, um die ſpecifiſche Wärme verſchiedenartiger Materien zu vergleichen, auch gleiche Volume dieſer

Materien nehmen. Es iſt dieſes Verfahren in manchen Fällen bequemer. Dann nennt man die ſo gefundene verhältnißmäßige Menge der Wärmethätigkeit, welche erfordert wird, dem Körper eine beſtimmte Temperatur zu geben, ſeine relative Wärme. Wenn man nun die Zahl, welche die relative Wärme eines Körpers ausdrückt, durch den Zahlausdruck ſeines ſpecifiſchen Gewichtes dividirt: ſo erhält man als Quotient den Zahlausdruck der ſpecifiſchen Wärme. Umgekehrt erhält man den für die relative Wärme, wenn der Zahlausdruck der ſpecifiſchen Wärme mit dem des ſpecifiſchen Gewichtes multiplicirt wird. Iſt z. B. die ſpecifiſche Wärme eines Körpers w, ſein ſpecifiſches Gewicht s, ſeine relative Wärme r: ſo iſt $w = \frac{r}{s}$, und $r = ws$.

§. 654. Methoden, die Wärmecapacität der Körper zu beſtimmen. Man hat ſich zu dieſem Zwecke folgender Mittel bedient: 1) der Miſchungen, 2) der Schmelzung des Eiſes, 3) der Abkühlungszeit, 4) des Atomengewichtes. Jede dieſer Methoden ſoll hier kurz angegeben werden.

Im Anhange ſind Tabellen über die Wärmecapacitäten verſchiedener Körper, wie ſie durch eine oder die andere dieſer Methoden ſind beſtimmt worden.

§. 655. I. Miſchungsmethode. Dieſe iſt in der Hauptſache bereits in §. 651. angegeben worden. Es verſteht ſich übrigens von ſelbſt, daß die mit einander in Berührung gebrachten Materien nicht chemiſch auf einander einwirken dürfen; denn dadurch ändert ſich ihre Capacität. — Dieſe Methode gilt hauptſächlich für Flüſſigkeiten, wie in dem oben angeführten Beyſpiele; ſie läßt ſich aber für feſte Körper gleichfalls anwenden. Der feſte Körper wird auf einen beſtimmten Grad erhitzt, in eine beſtimmte, am beſten gleiche Gewichtsmenge kälteren Waſſers getaucht, und die gemeinſchaftliche Temperatur beyder Körper beobachtet. Geſetzt die Temperatur des feſten Körpers ſey = 27° C, die des Waſſers = 0° C, die gemeinſchaftliche nach der Ausgleichung Statt findende Temperatur = 3° C; ſo hat der feſte Körper verloren 24° C, das Waſſer hat gewonnen 3° C. Mithin vermag dieſelbe Wärmemenge, die das Waſſer

um 3 Grade wärmer macht, den feſten Körper um 24 Grade, alſo um 8 Mahl mehr Grade zu erwärmen. Es braucht alſo der feſte Körper für dieſelbe Temperaturerhöhung achtmahl weniger Wärme in ſich aufzunehmen, und ſeine Capacität iſt = $^1/_8$ = 0,125. — Bey dieſer Methode wird vorausgeſetzt, daß die Capacität der Flüſſigkeit ſich durch die Erwärmung ſelbſt nicht ändert, daher die Unterſchiede der Temperaturen nicht ſehr bedeutend ſeyn müſſen. Endlich muß auf den Wärmeverluſt durch das Gefäß und durch die Luft Rückſicht genommen werden.

Wir haben geſagt, am beſten ſey es, wenn die Maſſen (Gewichtsmengen) beyder Körper gleich ſind. Sind ſie ungleich: ſo müſſen ſie in Rechnung gebracht werden. Wird für den wärmeren Körper die Maſſe durch M, die Capacität durch C, die Temperatur durch T bezeichnet, ſo iſt die in ihm vorhandene Wärmemenge W deſto größer, je größer ſeine Maſſe, ſeine Temperatur und ſeine Capacität iſt, mithin iſt $W = MTC$. Dasſelbe für den kälteren Körper durch kleine Buchſtaben ausgedrückt, iſt $w = mtc$. Iſt nun, nach der Ausgleichung der Temperaturen, $\tau$ die beyden Körpern gemeinſchaftliche Temperatur: ſo iſt der von dem erſten Körper an Wärme erlittene Verluſt $= MCT - MC\tau = MC(T-\tau)$, der dem zweyten Körper zugekommene Gewinn iſt $= mc\tau - mct = mc(\tau - t)$; Gewinn und Verluſt aber ſind einander gleich, mithin $MC(T-\tau) = mc(\tau - t)$; alſo $C : c = m(\tau - t) : M(T-\tau)$. —

§. 656. Um auf dieſelbe Weiſe die Capacität eines Gaſes in Beziehung auf das Waſſer zu beſtimmen, müßte eine beſtimmte Menge kalten Waſſers durch eine gleichfalls beſtimmte Menge von dem zu unterſuchenden Gas auf eine gemeinſchaftliche Temperatur gebracht, und aus dieſer die Capacität berechnet werden. Allein man ſieht wohl ein, daß wegen der geringen Dichte der Gaſe dieſes in der Wirklichkeit nicht leicht angehe. Man bedient ſich mithin des folgenden Verfahrens. Durch ein mit kaltem Waſſer gefülltes verſchloſſenes Gefäß (wie z. B das in der Zeichn. 86. dargeſtellte) wird mittelſt einer ſchlangenförmig gewundenen Röhre das zu unterſuchende Gas von 100° C geleitet. Dadurch wird das Waſſer nach und nach erwärmt; doch hat die Erwärmung eine Gränze, die Temperatur wird ſtationär. Iſt ſie das geworden, ſo erſieht man daraus, daß das Waſſer von

dem durchſtrömenden Gas gerade ſo viel Wärme in jedem Augenblicke erhält, als es zugleich an das Gefäß und die Umgebungen abgibt. Dieſe ſtationäre Temperatur wird beobachtet und angemerkt. — Derſelbe Verſuch wird mit einem zweyten Gas angeſtellt. Geſetzt, es wäre die ſtationäre Temperatur dieſelbe; ſo wäre das ein Zeichen, daß das eine Gas dem Waſſer dieſelbe Wärmemenge mitgetheilt hat. Iſt das aber nicht der Fall: ſo muß es von dem einen mehr Wärme erhalten haben, als von dem andern. Die Capacitäten beyder Gaſe werden ſich verhalten, wie die Temperaturerhöhungen in dem durchſtrömten Waſſer. Nennt man nun die Wärmecapacität der atmoſphäriſchen Luft 1, ſo laſſen ſich die Capacitäten der andern gaſigen Flüſſigkeiten durch die verhältnißmäßigen Zahlen ausdrücken.

Um aber ein Gas durch die ſchlangenförmige Röhre ſtrömen zu laſſen, dazu haben Dulong und Petit, welche ſich mit derley Verſuchen eifrigſt beſchäftigt hatten, ſich eines eigenen Apparates bedient. Das zu unterſuchende Gas ward in eine Blaſe eingeſchloſſen, welche in einen großen Ballon gethan ward, und zugleich durch eine Röhre mit der Schlangenröhre des Abkühlungsgefäßes (Zeichn. 86.) communicirte. Um das Gas aus der Blaſe ſtrömen zu laſſen, wurde in den Ballon verdichtete Luft geleitet, welche durch ihren Druck auf die Blaſe das Gas daraus allmählich vertrieb. Dieſe Luft wurde aus einer Flaſche mittelſt einer Röhre zu dem Übergange in den Ballon gezwungen, und zwar dadurch, daß in dieſe Flaſche Waſſer geleitet wurde. Damit aber auch dieſes Waſſer gleichförmig einſtröme, war mit der Flaſche eine, im §. 453. Zuſ. angegebene Vorrichtung verbunden. In der Zeichn. 87. ſind dieſe Vorrichtungen angedeutet. Aus dem Gefäße A nähmlich fließt das Waſſer in das Gefäß B, und zwar gleichförmig, weil (nach dem angeführten §. 453. Zuſatz) hier die Druckhöhe db immer dieſelbe iſt. Dieſes Waſſer verdichtet die Luft (vorausgeſetzt daß der Hahn h geſchloſſen iſt) in der Flaſche F und mithin auch in dem Ballon B. Sie drückt auf die Blaſe und zwingt die Luft durch die Röhre R zu ſtrömen, welche mit der Schlangenröhre des Gefäßes G der Zeichn. 86. verbunden iſt. — Damit aber dieſe Luft mit einer Temperatur von 100° C in die erwähnte Schlangenröhre gelange, wird ein bedeutender, einige Schuh langer Theil der Zuleitungsröhre R mit einer weiteren, mit ſiedheißen Waſſerdünſten gefüllten Röhre umgeben. Dieſe ſiedheißen Dünſte kommen in die umgebende Röhre aus einem damit

verbundenen Siedkeſſel K (Zeichn. 88.). Der Gebrauch der Hähne iſt an ſich klar; nur von dem Hahne h muß angemerkt werden, daß er dann geöffnet werde, wenn man das Waſſer aus dem Gefäße B durch den Hahn u ablaſſen will. Übrigens wird das durch die Schlangenröhre der Zeichn. 86. ſtrömende Gas von dort in eine zweyte Blaſe geleitet, um es zur Fortſetzung des Verſuches wieder brauchen zu können.

Die Unterſuchung der Wärmecapacität der Gaſe wird erſchwert durch den Einfluß, welchen der Druck, den ſie erleiden, auf ihre Capacität hat. Man hat die Capacität derſelben unter bleibendem Drucke und verändertem Volum, und unter bleibendem Volum und verändertem Drucke zu beſtimmen geſucht.

§. 657. II. Zweyte Methode, mittelſt der Schmelzung von Eis. Es laſſen ſich nähmlich die ſpecifiſchen Wärmen zweyer Materien mit einander vergleichen, wenn man gleiche Gewichtsmengen derſelben auf gleiche Temperatur bringt, eine jede der Materien in Eis von der Temperatur 0° einſchließt, und ſie ſo lange darin läßt, bis beyde ebenfalls zur Temperatur 0° gelangt ſind. Jede wird während der Zeit ihrer Abkühlung dem Eiſe Wärme mitgetheilt, und daher eine gewiſſe Menge davon geſchmolzen haben. Die aus den Schmelzungen ſich ergebenden Waſſermengen werden geſammelt; und wie ſich dieſe Waſſermengen verhalten, ſo verhalten ſich die ſpecifiſchen Wärmen in den zwey Materien. Denn offenbar iſt, um eine doppelte (oder dreyfache ꝛc.) Menge Eis zu ſchmelzen, eine doppelte (oder dreyfache ꝛc.) Menge von Wärmethätigkeit nöthig. — Zur Anſtellung ſolcher Verſuche wird übrigens ein bequemer und zweckmäßiger, von Laplace und Lavoiſier angegebener Apparat erfordert (Eiscalorimeter genannt), mittelſt deſſen die Einwirkung der äußeren Wärme abgehalten wird, und das aus dem Eiſe gewonnene Waſſer ſich bequem ſammeln läßt. — Dieſe Methode iſt für feſte Körper und tropfbare Flüſſigkeiten anwendbar; ſie muß daher auch die Einrichtung haben, daß beyderley Materien in das zu ſchmelzende Eis gebracht werden können. Iſt einer von den eingeſetzten Körpern Waſſer: ſo gibt der Verſuch gleich das Verhältniß der Capacität des andern Körpers zu der des Waſſers. Geſetzt der Körper ſchmelze 2 Loth Eis; eine gleich große

Gewichtsmenge Waſſers ſchmelze 8 Loth Eis: ſo iſt die Capacität dieſes Körper $^2/_8 = ^1/_4 = 0{,}25$. — Es läßt ſich übrigens auch die Wärmecapacität eines Körpers durch einen einzigen Verſuch beſtimmen, wenn man die bereits bekannte, durch mehrere Phyſiker beſtätigte Erfahrung zu Hülfe nimmt, daß von einer Gewichtsmenge Waſſer genau dieſelbe Gewichtsmenge Eis geſchmolzen werde, wenn das Waſſer die Temperatur 75° C, das Eis aber die Temperatur 0° C hat. Wird alſo etwa 1 Pfund irgend eines Körpers von der Temperatur 75° C in Eis von 0° C verſenkt, und es ſchmilzt $^1/_2$ Pfund des letzteren, ſo iſt deſſen Capacität $= ^1/_2 = 0{,}5$, denn von 1 Pfund Waſſer wäre auch 1 Pfund dieſes Eiſes geſchmolzen worden.

Es iſt übrigens eben nicht nöthig, daß der zu unterſuchende Körper gerade die Temperatur von 75° habe, auch kann die Gewichtsmenge desſelben eine beliebige ſeyn. Geſetzt es wäre das Gewicht desſelben 3 Pfund, ſeine Temperatur 20°, und die Menge des aus dem Eiſe durch Schmelzung erhaltenen Waſſers $^1/_5$ Pfund. Man ſieht nun wohl, daß, wenn der Körper 1 Pfund gewogen hätte, er nur den dritten Theil von $^1/_5$ Pfund, alſo nur $^1/_{15}$ Pfund würde geſchmolzen haben. Hätte er ſtatt der Temperatur 20° die von 1° gehabt: ſo würde die Quantität des geſchmolzenen Eiſes noch zwanzig Mahl kleiner, alſo nur $^1/_{300}$ Pfund geweſen ſeyn; wäre er dagegen 75° warm geweſen: ſo hätte er nothwendiger Weiſe $^{75}/_{300} = ^1/_4$ Pfund Eis geſchmolzen. Es iſt demnach ſeine ſpecifiſche Wärme, verglichen mit der des Waſſers (wenn man dieſe = 1 annimmt) $= ^1/_4$ oder $= 0{,}25$.

Allgemein läßt ſich dieſes ſo ausdrücken. Je höher die Temperatur t eines Körpers, je größer ſeine Maſſe m, und je größer ſeine Capacität c, deſto mehr Eis e wird er ſchmelzen, während dem er bis zu 0° erkaltet. Es iſt demnach, bey zwey Körpern, $E : e = MTC : mtc$. Wird aber die Capacität oder ſpecifiſche Wärme des Körpers zu der des Waſſers geſucht: ſo ſetzt man ſtatt des zweyten Körpers Waſſer. Da nun 1 Pfund Waſſer von 0° gerade 1 Pfund Eis von der Temperatur 75° ſchmilzt, und ſeine Capacität = 1 iſt: ſo erhält man, durch Subſtitution, die Proportion $E : 1 = MTC : 75$, mithin iſt $75E = MTC$ und $C = \frac{75E}{MT}$. Die ſpecifiſche Wärme des im §. 657. angeführten Körpers von 3 Pfund ꝛc. wäre demnach $= \frac{75 \times ^1/_5}{3 \times 20} = ^{15}/_{60} = ^1/_4 = 0{,}25$, wie auch oben iſt gefunden worden. —

Eine Abbildung des Eiscalorimeters gibt die Zeichnung 89. Es iſt ein Behältniß von Blech, welches drey abgeſonderte hohle Räume hat, einen in dem andern. Der innerſte Raum aaa iſt mit einem eiſernen Gitter umgeben, und dienet denjenigen Körper aufzunehmen, deſſen ſpecifiſche Wärme man zu erfahren wünſcht. Der zweyte Raum bb, der den innerſten umgibt, iſt für das Eis beſtimmt, welches durch die Wärme jenes Körpers ſoll geſchmolzen werden. Er wird von feſten blechernen Wänden begränzt, und endet ſich in eine mit einem Hahne h verſehene Röhre r, um das aus dem geſchmolzenen Eiſe erhaltene Waſſer ausfließen zu laſſen. Der dritte, äußerſte Raum cc endlich iſt beſtimmt, um ebenfalls Eis aufzunehmen. Dieſes Eis dienet die Wärme der Luft und anderer fremden Körper zurückzuhalten, damit ſie nicht auf das Eis in dem mittlern Raume wirken könne. Damit man aber auch aus dem äußern Raume Waſſer könne ausfließen laſſen, ohne daß ſich dieſes mit dem Waſſer des mittlern Raumes vermiſche, dazu dient ein eigener Hahn k. — Soll die ſpecifiſche Wärme von einer Flüſſigkeit gefunden werden: ſo wird dieſe in ein Gefäß gethan, deſſen ſpecifiſche Wärme früher muß beſtimmt worden ſeyn. Von der bey dem Verſuche erhaltenen Menge geſchmolzenen Eiſes muß dann diejenige abgezogen werden, welche von dem Gefäße allein wäre geſchmolzen worden. Iſt m die Maſſe des Gefäßes, t ſeine Temperatur, c ſeine Capacität: ſo verhält ſich die durch das Ganze geſchmolzene Eismenge zu der durch das Gefäß geſchmolzenen wie MTC : mtc, mithin iſt die durch die bloße Flüſſigkeit geſchmolzene = MTC — mtc.

§. 658. III. Dritte Methode. Dieſe gründet ſich darauf, daß ein Körper unter übrigens gleichen Bedingungen deſto langſamer erkaltet, je größer ſeine Wärmecapacität iſt, denn er muß deſto mehr Wärme abgeben, und braucht mithin dazu deſto mehr Zeit. Nur muß vor Allem dafür geſorgt werden, daß ſeine Oberfläche nicht etwa geeigneter zur Ausſtrahlung der Wärme iſt, als die des andern Körpers, mit dem er verglichen wird. Dann hat das eigene Ausſtrahlungsvermögen keinen Einfluß; und auch nicht das innere Leitungsvermögen, weil die Abkühlung nur durchs Ausſtrahlen geſchieht. Die Körper werden zu dieſem Ende, wenn ſie flüſſig oder gepulvert ſind, in ein metallenes Gefäß mit glänzender Oberfläche eingeſchloſſen, in gleiche Umgebung geſetzt, und die

Zeit der Abkühlung von einer beſtimmten Temperatur bis zu einer andern gleichfalls beſtimmten tiefern beobachtet. Aus feſten Körpern kann man gleich große Cylinder verfertigen, und ſie mit einem Firniſſe überziehen, um auch hier die Größe der Oberflächen und die Wärmeſtrahlung immer gleich zu bekommen. Man erhält ſo die Capacität bey gleichem Rauminhalt, oder die relative Wärme, die aber leicht (nach §. 653. Zuſ.) in die ſpecifiſche verwandelt werden kann.

Dulong und Petit, welche dieſe Methode anwendeten, bedienten ſich zu dieſem Behufe für flüſſige und gepulverte Materien eines kleinen cylindriſchen, aus dünnem äußerlich blanken Silberbleche verfertigten Gefäßes. In die Axe desſelben wurde ein Thermometer eingeſetzt, und der übrige Raum mit dem zu unterſuchenden Körper ausgefüllt. Die Röhre des Thermometers ragte durch eine Öffnung des Gefäßdeckels heraus. Nun wurde der Cylinder erhitzt und unter einen Recipienten gebracht, in welchem die Luft verdünnt werden konnte. So war das Ganze in einer beſtimmten Umgebung, hatte eine Oberfläche von beſtimmter Größe und beſtimmtem Strahlungsvermögen. Man beobachtete die Temperatur an dem Thermometer; und war dieſe noch etwa um 10 Grade höher, als die der Umgebung: ſo bemerkte man die Zeit, welche verfloß, bis das Thermometer noch um mehrere Grade fiel, etwa auf 5° über die Temperatur der Umgebung. Derſelbe Verſuch ward dann mit einem andern Körper angeſtellt. Die Capacitäten verhalten ſich hier wie die Abkühlungszeiten.

Aus den Verſuchen der beyden genannten Forſcher hat ſich auch ergeben, daß die Capacität der Körper mit der Temperatur zunehme. Sie fanden z. B. die des Eiſens zwiſchen 0° und 100° C = 0,1098, zwiſchen 100° und 200° = 0,1150 u. ſ. w.

§. 659. IV. Vierte Methode, nähmlich die Beſtimmung der Capacität aus dem Atomengewichte, welche aber nur für chemiſch einfache Stoffe anwendbar iſt. Dieſe Methode bezieht ſich auf die Erfahrung, daß man in vielen Fällen (nahe) dieſelbe Zahl n, und zwar 0,375 als Product erhält, wenn man die Zahl, welche die bekannte Wärmecapacität c eines Stoffes ausdrückt, mit der Zahl multiplicirt, welche das gleichfalls bekannte Atomengewicht a desſelben

Stoffes bezeichnet, oder daß n = ca. Geſetzt nun, es ſeyen n und a bekannt: ſo iſt c leicht zu beſtimmen und $= \frac{n}{a}$.

So z. B. iſt bey Gold a = 12,43, c = 0,0298, mithin ac = 0,3704, bey Schwefel iſt a = 2,011, c = 0,1880, ac = 0,3780. Man ſieht, daß 0,3704 und 0,3780 in den erſten Decimalen gleich ſind. Aus der Vergleichung dieſer Zahlen für mehrere Materien fand man nun im Mittel n = 0,37524. Man braucht mithin nur a zu wiſſen, um zu finden $c = \frac{0{,}37524}{a}$, z. B. bey Gold $= \frac{0{,}37524}{1243} = 0{,}0298$. Was man übrigens unter Atomengewicht verſtehe, iſt bereits im §. 550. vorgekommen. Die verhältnißmäßige Zahl des Atomengewichtes iſt (im §. 554. Zuſatz) jedem einzelnen bisher unzerlegten Stoffe beygeſetzt. Eine Tabelle über Atomengewichte, Wärmecapacitäten und die Zahl n iſt unter den Tabellen des Anhanges vorhanden. —

§. 660. Änderung der Wärmecapacität eines Körpers und ihre Folgen. — Geſetzt, daß die Wärmecapacität eines und desſelben Körpers durch was immer für eine Urſache geändert werde, ſo iſt die natürliche Folge davon eine Änderung der Temperatur. Wird nähmlich dieſe Capicität vermindert: ſo entſteht Erwärmung; denn der Körper braucht nun weniger Wärmethätigkeit, um ſeine vorige Temperatur zu haben. Umgekehrt muß die Vermehrung der Capacität eine Herabſetzung der Temperatur bewirken. — Die vorzüglichſten Urſachen aber, die eine Änderung der Wärmecapacität bewirken können, ſind:

1) Die Änderung des Rauminhaltes, und in ſo fern auch die Änderung der Temperatur ſelbſt. Es nimmt nähmlich die Capacität eines Körpers ab durch Verringerung des Volums, mithin durch Zuſammendrückung; ſie nimmt zu durch Raumerweiterung. Dieſes iſt vorzüglich der Fall bey gasförmigen Flüſſigkeiten, daher die bedeutende Erhitzung durch ſtarke, beſonders ſchnelle Zuſammendrückung der Luft (wie z. B. in dem ſogenannten pneumatiſchen Feuerzeuge), die Abkühlung durch ſchnelle Verdünnung derſelben (wie manche Verſuche unter dem Recipienten der Luftpumpe darthun). Bereits oben (§. 649.), wo von den Strömungen durch Wärme die

Rede war, iſt bemerkt worden, daß die in die Höhe ſteigende erwärmte Luft ſich dann durch Verdünnung abkühle; es nimmt nähmlich ihre Wärmecapacität zu. — Bey tropfbaren Flüſſigkeiten ſind die Raumänderungen meiſtens nur eine Folge von Temperaturänderung, und auch hier bey weitem nicht ſo bedeutend, wie bey Gaſen. Dasſelbe gilt auch von den feſten Körpern. Indeſſen hat man doch durch genaue Verſuche gefunden, daß bey zunehmender Temperatur die Capacität der feſten Körper (z. B. des Glaſes) etwas weniges zunehme. Ferner iſt allgemein bekannt, daß feſte Körper durch Verdichtung (z. B. Metalle durch das Hämmern und Strecken) eine bedeutende Erhitzung erleiden, welche als eine Folge der verminderten Capacität kann angeſehen werden. Nicht ſo klar läßt ſich die Erhitzung durch Reibung daraus erklären.

2) Die Änderung der Aggregatform. So hat man z. B. die Wärmecapacität im Eiſe = 0,9, im Waſſer = 1, im Waſſerdampfe = 0,8 gefunden. Nicht zu verwechſeln iſt übrigens die ſpecifiſche Wärme mit der durch Schmelzung und Dampfbildung gebundenen, von welcher an ſpäteren Orten (unter den Nahmen Flüſſigkeits- und Verdünſtungswärme) wird geſprochen werden, und welche auch eine ganz andere Größe hat.

3) Änderung der eigenthümlichen Natur des Körpers, mithin die chemiſche Einwirkung eines andern Körpers. Darum entſtehet Erwärmung (manchmahl auch Erkältung), wenn zwey Stoffe ſich chemiſch vereinigen. Und eben deßhalb iſt oben geſagt worden, daß bey der Miſchungsmethode die zwey mit einander in Berührung gebrachten Körper nicht chemiſch auf einander einwirken dürfen (§. 655.).

Einige Bemerkungen in Beziehung auf die Änderung der Capacität durch Raumänderung. — Das angeführte pneumatiſche Feuerzeug (Tachypyrion) beſteht in einem hohlen Cylinder, und in einem darein genau paſſenden Kolben, der an ſeinem Boden eine kleine Aushöhlung hat, um ein Stückchen Zündſchwamm aufzunehmen. Wird der Kolben ſehr ſchnell gegen den Boden des Cylinders geſtoßen: ſo entzündet ſich der Schwamm. Auch Baumwolle wird verkohlt. Gewöhnlich iſt ein ſolcher Cylinder einige Zoll

lang, und aus Metall. Bouvier Mortier, der ſie auch aus Glas verfertigt hat, beobachtete darin einen bey der Zuſammendrückung der Luft ſich zeigenden Nebel, den er für den freyen Wärmeſtoff hielt. Vermuthlich iſt es ein aus dem Öhle, womit der Kolben eingeſchmiert wird, ſich entwickelnder Dampf. —

Ein leichter Verſuch über Temperaturänderung durch Änderung des Raumes läßt ſich unter andern an einem Stückchen Kautſchuk (Federharz) anſtellen. Legt man dieſes, nachdem man ihm die Temperatur des eigenen Körpers gegeben hat, zwiſchen die trockenen Lippen, und zieht es ſtark und ſchnell aus einander: ſo ſpürt man eine Erwärmung; der Federharzſtreifen iſt nähmlich viel dünner geworden.

Auch iſt überhaupt aus dem bereits Vorgetragenen von ſelbſt klar, welchen Einfluß der Druck, den ein Gas erleidet, auf ſeine Wärmecapacität habe, und daß man deßhalb bey Beſtimmung der Wärmecapacitäten der Gaſe ſtets auf dieſen Druck Rückſicht nehmen müſſe (§. 657. Zuſ.).

## Die Wirkungen der Wärme und Kälte eigens betrachtet.

### Raumänderung.

§. 661. Daß alle Körper durch Wärme ausgedehnt, durch Kälte zuſammengezogen werden, davon war bereits die Rede (§. 630.). Hier muß nur noch von den Geſetzen dieſer Erſcheinung bey den Körpern von verſchiedener Aggregationsform Einiges hinzugefügt werden. — Auch ſoll noch früher bemerkt werden, daß manche Körper von dem allgemeinen Geſetze der Ausdehnung durch die Wärme ſcheinbar ausgenommen ſind. Es ſind nähmlich 1) Körper, die im Zuſtande der Feſtigkeit durch ihr inneres Gefüge einen merklich größern Raum einnehmen müſſen, als in dem Zuſtande der Flüſſigkeit, in welchem ſie dieſes Gefüge verlieren. 2) Körper, die in ihren Zwiſchenräumen Waſſer enthalten, welches durch die Wärme verflüchtigt wird.

Zu der erſten Claſſe gehöret vorzüglich das Waſſer, welches ſeinen Raum erweitert, indem es gefriert. Man ſieht dieß ſchon daran, daß das Eis auf Waſſer ſchwimmt, und alſo ein kleineres ſpecifiſches Gewicht hat, an Volum demnach muß zugenommen haben. Dieſe Raumerweiterung geſchieht mit einer großen Gewalt. — Auch feſter Schwefel ſchwimmt auf geſchmolzenem; eben ſo einige Metalle, als: Eiſen, Spießglanz, Wismuth. — Aus dieſen Raumerweiterungen erklären ſich ſehr viele Erſcheinungen; auch ſind ſie zu vielerley Anwendungen geeignet. — Zu der andern Claſſe gehöret vorzüglich der Thon. Durch Erwärmung werden die Waſſertheilchen ausgetrieben, und die Thonmaſſe zieht ſich zuſammen; durch ſehr große Erhitzung nähert ſie ſich dem Schmelzen, welches zwar in unſern gewöhnlichen Feuerſtätten nicht angeht, indeſſen ſcheint doch eine Art Zuſammenbackung Statt zu finden. — Ebenfalls durch Verluſt der Waſſertheilchen ſchwindet in warmer trockener Luft das Holz, eben ſo ſchrumpft Obſt zuſammen, noch mehr im Darrofen u. d. m.

Beyſpiele von Erſcheinungen und Anwendungen der Raumerweiterung bey Körpern der erſten Claſſe.

Eine Folge der Raumerweiterung bey der Bildung des Eiſes iſt das Zerſpringen der Gefäße, wenn Waſſer darin gefriert, das Berſten der Bäume bey ſtarkem Froſte, das Berſten der Felſen, wo in den Ritzen Waſſer enthalten war, und gefror u. d. m. Man hat Waſſer in Bomben gefrieren laſſen, worin Pfropfen von Eiſen mittelſt eines ſchweren Hammers ſind eingekeilt worden. Die Propfen wurden mit Gewalt ausgeworfen, und ein Eiscylinder einige Zoll lang war bey der Öffnung herausgetreten. Eine Bombe von $12^3/_4$ Zoll engl. M. im Durchmeſſer und über $1^1/_2$ Zoll Dicke ward zerſprengt. — In chemiſchen Fabriken läßt man die erdigen Niederſchläge (z. B. Magneſia) im feuchten Zuſtande gefrieren, um ſie lockerer zu machen. In Papiermühlen läßt man die naſſe Leinwand gefrieren, um geſchmeidigeres und weißeres Papier zu erhalten. —

Schwefel nimmt in Formen, in welche er gegoſſen wird, beym Feſtwerden alle Züge gut an; eben ſo das Gußeiſen. Dieſes verdanken die genannten Materien eben jener Eigenſchaft ſich auszudehnen; ſie dringen ſo beym Feſtwerden in die feinſten Vertiefungen der Form ein. Im Gußeiſen wird dieſe Eigenſchaft durch einen geringen Zuſatz von Zinn vermehrt.

Beyſpiele in Beziehung auf Körper der zweyten Claſſe. Auf der Austreibung der Feuchtigkeit durch Wärme beruhet das Darren verſchiedener Körper zu verſchiedenen Zwecken. Die Formen der Ziegel (Backſteine) müſſen größer gemacht werden, als ſie nach dem Brennen ſeyn ſollen; eben ſo alle thönernen Geſchirre u. ſ. w. — Auf der Eigenſchaft des Thons in der Hitze zu ſchwinden beruhet auch das Pyrometer von Wedgwood (§. 637.), welches hier bloß als hiſtoriſch merkwürdig in der Pyrometrie angeführt wird, keineswegs aber, um es für den Gebrauch anzuempfehlen. — Die pyrometriſche Subſtanz ſind kleine Cylinder von Thon, die man zwiſchen zwey Stäbe ſchiebt, welche, convergirend mit einander, auf einer Platte befeſtigt ſind. Je kleiner ſo ein Cylinderchen iſt, deſto tiefer geht es hinein; es geht demnach auch deſto tiefer hinein, je mehr es erhitzt wird. In der Zeichnung 90. iſt eine Abbildung davon; a a und b b ſind viereckige Metallſtäbe, zwölf engliſche Zoll lang, auf einer Platte von derſelben Materie befeſtigt, an dem einen Ende (in m nähmlich) $^5/_{10}$ Zoll, am andern Ende (in n) aber $^3/_{10}$ Zoll abſtehend. Um weniger Raum einzunehmen, iſt gewöhnlich der Apparat in zwey Hälſten getheilt, wie in der Zeichnung zu ſehen iſt. Auf den Stäben ſind beyderſeits die Grade aufgetragen, 20 auf einen Zoll, alſo im Ganzen 240. Die Null entſpricht (nach Wedgwood's Schätzung) dem Grade 1077 der Fahrenheit'ſchen Scale, der letzte Grad (nähmlich Gr. 240) aber dem Gr. 32277 der F. Scale; jeder einzelne Grad demnach iſt = 130° F. — Um die Cylinderſtückchen zu erhalten, wird der dazu beſtimmte Thon durch die Bodenöffnung eines cylindriſchen Gefäßes gepreßt, wodurch anfangs lange Thoncylinder gebildet werden. Dieſe werden in kleine Cylinderchen von $^1/_2$ Zoll Länge zerſchnitten, bey der Hitze des ſiedenden Waſſers getrocknet und nun in dem Kanale des Maßſtabes probirt. Geht eines mit dem ſcharfkantigen Ende bis o, ſo iſt es (nach Wedgwood) ein richtiges. Läßt es ſich tiefer hineinſchieben: ſo wird es ebenfalls nicht verworfen, allein es wird die Zahl des Grades, bis zu dem es reicht, an der vordern Fläche angemerkt. Reicht es nicht ganz bis o, ſo wird die Zahl der abgängigen Grade an der hintern Fläche verzeichnet; dieſe Fläche ſelbſt iſt kenntlich an den abgeſtumpften Kanten. Nun werden alle dieſe Thonſtücke in einem geheitzten Ofen noch feſter gebrannt und aufgehoben; ſie gehen dann meiſtens auf einige Grade in den Kanal. — Soll mittelſt dieſes Pyrometers eine hohe Temperatur beſtimmt werden: ſo legt man einige Thoncylinderchen an den Ort, deſſen Hitzgrad man zu wiſſen wünſcht.

Haben ſie denſelben Hitzgrad angenommen: ſo werden ſie herausgenommen, und (nachdem ſie erkaltet ſind) zwiſchen die Stäbe ſo weit fortgeſchoben, als es ſich, ohne Gewalt zu brauchen, thun läßt. Der Grad, bis zu welchem die ſcharfen Kanten reichen, iſt der geſuchte, vorausgeſetzt, daß das Cylinderchen eines derjenigen iſt, die gleich anfangs bis 0 gingen. Iſt aber ſolch ein gebrauchtes Thonſtück auf der vordern Fläche mit einer Zahl (z. B. mit 3) bezeichnet, ſo muß man von der gefundenen Zahl der Grade die Zahl der angemerkten (in unſerem Beyſpiele 3) abziehen. Iſt dagegen auf der hintern Fläche eine Zahl: ſo muß dieſe zu der gefundenen Zahl der Grade addirt werden. — Man ſieht von ſelbſt, daß zu den Cylinderchen dieſes Apparats immer eine und dieſelbe Art Thon müſſe genommen werden. Die Analyſen des von Wedgwood verwendeten Thons haben verſchiedene Reſultate gegeben; auch wird nach Wedgwood's Ausſage ſelbſt dieſe Thonart nicht mehr rein gefunden. Mithin leiſtet der Apparat ſchon aus dieſem Grunde nicht, was man erwartet. Guyton Morveau findet überdieß ſelbſt die Scale nicht richtig; nach ihm iſt nähmlich 0° W = 517° F, und jeder Grad dieſes Pyrometers = 62° $^1/_2$ F (Ann. de Ch. XC. 113.).

§. 661. I. **Ausdehnung feſter Körper.** Im Allgemeinen iſt gleichfalls ſchon früher (§. 630.) darüber geſprochen worden. Um aber die Größe derſelben zu beſtimmen, werden eigene Verſuche erfordert. Die Phyſiker haben es nicht unterlaſſen, dergleichen auf verſchiedene Weiſe anzuſtellen; auch waren ſie bemüht, mancherley zu dieſem Zwecke dienliche Apparate mit mehr oder weniger Glück vorzuſchlagen. Man nennet ſie gewöhnlich, wiewohl unpaſſend, Pyrometer, welcher Nahme eigentlich eine ganz andere Bedeutung hat (§. 637.). Ein ſolcher Apparat ſoll die Einrichtung haben, daß eine aus dem zu unterſuchenden Stoffe verfertigte Stange der Einwirkung der Wärme ausgeſetzt, und die Ausdehnung derſelben, wenn ſie auch (wie es bey feſten Körpern der Fall iſt) äußerſt klein iſt, hinreichend bemerkbar und meßbar werden könne. Eine ganz einfache Vorrichtung dieſer Art hätte man, wenn das eine Ende der zu unterſuchenden Stange m n (Zeichn. 91.) an eine feſte Widerlage w ſich ſtützte, das andere Ende aber auf den kürzeren Arm c d eines Winkelhebels d c z drückte, deſſen längerer Arm c z ein Zeiger wäre. Das Ende z des Zeigers beſchreibt dann noth-

wendiger Weiſe einen Weg, der ſo vielmahl größer iſt, als der Weg des gedruckten Punctes p, wie vielmahl cz größer iſt als cp; woraus dann die Verlängerung der Stange erſichtlich würde. Auch müßte dieſe Stange mit einer zweyten, dritten u. ſ. w. aus einem andern Materiale vertauſcht werden können. Dieſes iſt übrigens nur eine allgemeine Angabe eines Apparates, bey deſſen wirklicher Ausführung mehrere Vorſichten nöthig ſind.

Es verſteht ſich von ſelbſt, daß die auf die Stangen einwirkende Wärme von beſtimmter Größe ſeyn müſſe. Ferner muß die Entfernung des Punctes c von der Widerlage ab während des Verſuches unverändert bleiben. Es muß demnach eine Einrichtung getroffen werden, daß die Veränderung der Temperatur, die in der Stange mn hervorgebracht wird, auf die Entfernung jener zwey Puncte keinen merklichen Einfluß haben könne. Dieſes hat man an dem Apparate, deſſen ſich Laplace und Lavoiſier bedient hatten, in ſo weit dieſes möglich iſt, dadurch zu erreichen geſucht, daß man zur Widerlage eine ſtarke Glasplatte nahm, zum kürzern Arme des Winkelhebels eine ſtarke Glasſtange (weil Glas die Wärme ſchwer durchläßt und ſich wenig ausdehnt); daß der Punct p ſowohl, als der ihm entgegenliegende an der Wiederlage hinlänglich von der Stange mn entfernt wurden; endlich daß die Stange wagerecht in eine auf einen beſtimmten Grad erhitzte Flüſſigkeit getaucht werden konnte, um durchgängig eine gleiche Temperatur zu haben. Der Apparat iſt in der Zeichn. 92. abgebildet, mn iſt die zu unterſuchende Stange, ab iſt ein ſtarkes Glaslineal, welches an ein anderes wagrechtes Lineal ll befeſtigt iſt; das letztere ſelbſt iſt in zwey große Pfeiler gg von Glas eingekittet: cp iſt der eine Arm des Hebels, deſſen Drehungsachſe auf zwey ſteinerne Pfeiler s, s geſtützt wird. Der andere Arm cz, ſtatt als Zeiger zu dienen, ſetzt ein Fernrohr in Bewegung, das auf ein entferntes Ziel gerichtet wird. Die geringſte Verrückung desſelben iſt natürlicher Weiſe leicht bemerkbar. Damit die Lage der Stange mn wagrecht bliebe, ruhte ſie auf den gläſernen Walzen u und u'; — damit ſie in eine Flüſſigkeit getaucht werden konnte, dazu diente das Behältniß ww'. —

Dulong und Petit bedienten ſich, um den Ausdehnungsunterſchied zweyer Körper zu meſſen, folgender Methode. Sie befeſtigten dieſelben an dem einen Ende mittelſt Schrauben an einander; am andern Ende ward an jeder derſelben ein verticales, in einiger Entfernung horizontal gebogenes Stäbchen von Meſſing befeſtiget. Das eine Stäbchen hatte eine Scale, das andere einen Nonius. Die

10 *

Scale war in Fünftel eines Millimeters getheilt, der Nonnius gab $\frac{1}{20}$ der Eintheilung. Jeder der Körper hatte eine Länge = 1,2 Meter. So konnte noch eine Verlängerung von $\frac{1}{120000}$ gemeſſen werden. — Noch anderer Methoden bedienten ſich Andere, z. B. Hallſtröm. —

§. 662. Aus Verſuchen hat ſich nun ergeben, daß die Ausdehnung der feſten Körper durch Wärme überhaupt ſehr klein ſey, daß ſie von 0° C bis 100° C ohne Fehler als proportional der Zunahme der Wärme könne angeſehen werden, daß ſie endlich bey verſchiedenen Körpern eine verſchiedene Größe habe. Am meiſten dehnen ſich die Metalle aus, aber auch dieſe zeigen hierin eine merkliche Verſchiedenheit unter einander; bey der Mehrzahl derſelben iſt die Ausdehnungsfähigkeit deſto größer, je ſchmelzbarer ſie ſind. Weniger werden die erdigen Subſtanzen ausgedehnt, am wenigſten die feſten und trockenen Körper aus den organiſchen Reihen, als trockenes Holz, Knochen u. d. m. — Körper von gleichförmigem inneren Gefüge dehnen ſich nach allen Richtungen gleich ſtark aus; eine merkwürdige Ausnahme davon machen mehrere Kryſtalle. — Noch iſt zu bemerken, daß die Kraft, mit der die Körper durch Erwärmung ſich ausdehnen, auch die ſtärkſten Hinderniſſe überwindet. —

Über die Längenausdehnung verſchiedener feſter Körper iſt im Anhange eine Tafel enthalten. —

Wegen der Kleinheit der Ausdehnung bey feſten Körpern kann ſie im Cubikinhalte für dreymahl ſo groß genommen werden, als ſie nach einer Dimenſion iſt. Hat z. B. der Körper (etwa ein Würfel) in der Länge um $\frac{1}{1000}$ derſelben zugenommen: ſo iſt auch die Breite und die Höhe in demſelben Verhältniſſe größer geworden; die Vermehrung des ganzen Volums beträgt mithin $\frac{3}{1000}$ Theile desſelben. Oder allgemein ausgedrückt: Setzt man jede Dimenſion des Körpers = 1, und die Größe, um welche ſie zunimmt = n: ſo iſt die jetzige Größe jeder Dimenſion = $1 + n$, und mithin ſein jetziges Volumen = $(1 + n)^3 = 1 + 3n + n^3$. Iſt aber n ein Bruch von ſehr kleinem Werthe, z. B. $\frac{1}{1000}$: ſo iſt $n^3$ noch weit kleiner, und kann vernachläßigt werden.

Wie klein übrigens die Ausdehnung der feſten Körper ſey, ſieht

man ſchon daraus, daß eine Stange aus Zink (dem ausdehnbarſten Metalle) vom 0° C bis 100° C nur um $^{3}/_{1000}$ ſeiner ganzen Länge zunimmt.

Über die ungleiche Ausdehnung verſchiedener Kryſtalle nach verſchiedenen Richtungen hat Mitſcherlich intereſſante Beobachtungen angeſtellt, und gefunden, daß diejenigen Kryſtalle, welche zu den vielaxigen gehören, ſich nach allen Richtungen gleich ſtark ausdehnen, die übrigen aber ſtärker nach der einen Richtung als nach der andern. Diejenigen, deren Kryſtallgeſtalt man von einem Rhomboëder, oder von einer gleichſeitigen Pyramide ableiten kann, erleiden nach der Richtung der Hauptaxe eine ſtärkere Ausdehnung, als nach den übrigen Richtungen. Andere nicht vielaxige Kryſtalle werden nach jeder Axe anders ausgedehnt. — Bey einem Kalkſpathrhomboëder werden alle ſtumpfen Winkel kleiner, die ſpitzigen aber größer; an manchen Kryſtallen geſchieht das Umgekehrte. —

Verſuch über die ungleiche Ausdehnung der Gypskryſtalle. Von einem ſolchen Kryſtalle werden ſehr dünne Blättchen abgelöſt und mit einem Leime, der durch die Erwärmung weich wird, ſo an einander geleimt, daß ihre Axen einen rechten Winkel mit einander machen. Wird nun ein ſolches Doppelblättchen erwärmt, und erkaltet dann wieder: ſo erſcheint es gekrümmt. Aus der Art der Krümmung iſt erſichtlich, nach welcher Richtung eine ſtärkere Ausdehnung Statt gefunden habe.

§. 663. Aus dieſer Ausdehnung der Körper erklären ſich ſehr viele Erſcheinungen. Es ergeben ſich daraus auch mancherley Regeln der Vorſicht. So z. B. iſt bey genauen Meſſungen immer die Temperatur zu beachten, indem die Maßſtäbe ſich verlängern und verkürzen. Vollkreiſe ſind den ehemahls üblich geweſenen Quadranten ſchon darum vorzuziehen, weil bey jenen ſich die Raumänderung auf alle Grade bezieht. — Die große Kraft, mit der die Körper durch Wärme ſich ausdehnen (§. 662.), hat man auch ſchon zu allerley Zwecken benützt, z. B. um die Kraft ſtarker Preſſen zu erſetzen. Vorzüglich aber hat man von der ungleichen Ausdehnungsfähigkeit verſchiedener Körper, beſonders der Metalle, wichtige Anwendungen gemacht; als: zur Conſtruction von Metallthermometern, zu

Compenſatoren für Uhren, zu Compenſatoren bey Leitungsröhren u. d. m. —

Metallthermometer. Mit Vorübergehung verſchiedener mißlungenen Verſuche dieſer Art ſollen hier nur die Metallthermometer von Holzmann und Brequet angeführt werden. In beyden iſt die thermometriſche Subſtanz ein ſehr dünner, aus verſchiedenen Metallen zuſammengeſetzter Streifen, der (nach §. 630. Zuſ.) durch Wärmeveränderung eine Änderung in ſeiner Krümmung erleidet. Holzmanns Apparat hat das Äußere einer Uhr, wie man aus der Zeichn. 93. erſehen kann. Der aus Silber und Platin zuſammengefügte Streifen iſt ſpiralförmig gewunden, und befindet ſich in einem Gehäuſe, ähnlich dem einer Taſchenuhr. Das äußere Ende der Spirale iſt an einem mit dem Gehäuſe verbundenen Stänglein s s feſt gemacht; das innere mit der Achſe des Zeigers z z′ verbunden. Bey zunehmender Wärme dreht ſich die Spirale auf, bey abnehmender zu; denn das ſtärker ſich ausdehnende und zuſammenziehende Metall (das Silber) iſt das innere. In beyden Fällen muß der Zeiger bewegt werden, und gibt die Temperaturgrade an dem Zifferblatte an. Die dort angebrachte Scale muß nach einem richtigen Queckſilberthermometer regulirt ſeyn. Dieſes Thermometer iſt ſehr empfindlich. Daß übrigens bey Verſuchen, wo ſchnelle und kleine Veränderungen der Temperatur dadurch ſollen angezeigt werden, das Gehäuſe geöffnet werden müſſe, verſteht ſich von ſelbſt. — Holzmann hat ſchon im Jahre 1805 Metallthermometer verfertigt, welche dem hier beſchriebenen im Äußern ähnlich, nur etwas mehr zuſammengeſetzt, aber dauerhafter ſind. Die thermoſcopiſche Subſtanz darin iſt eine ſtärkere, bogenförmig gebogene Feder a b d (Zeichn. 94.), die aus zwey Metallſtänglein, einem meſſingenen und einem ſtählernen, zuſammengefügt iſt. Jenes iſt das innere, dieſes das äußere. Der Bogen ſucht bey erhöhter Temperatur gerader zu werden, bey abnehmender Wärme hingegen krümmt er ſich ſtärker. Das eine Ende a desſelben iſt feſtgemacht, das andere drückt mittelſt eines ſtählernen Hakens f g h auf den kürzern Arm m eines Hebels, deſſen längerer Arm n in einen gezahnten Bogen ausgehet. Die Zähne des letztern greifen in die Zähne eines kleinen Rades o ein, an deſſen Axe der Zeiger ſich befindet, welcher an dem Zifferblatte die Wärmegrade angibt. Eine kleine Spiralfeder wirkt auf die Axe des Zeigers in entgegengeſetzter Richtung, wenn die Feder a b c ſich ſtärker krümmt und daher ihr Druck auf m nachläßt. Noch verdient von dieſem Apparate angemerkt zu werden, daß der kleine Stahlſtreifen f g h (der ſich bey g in einen Haken krümmet, und mit der Meſſing-

ſtange durch eine Schraube r verbunden iſt, mittelſt einer andern Schraube s (je nachdem dieſe gedreht wird) ſich von dem Meſſing etwas entfernen oder ihm nähern läßt. Dadurch wird auch der Hebelsarm m an irgend einer Stelle h gedrückt, welche dem Drehungspuncte c beliebig nahe liegt. Jedermann ſieht, welchen Einfluß dieſe Nähe auf die Geſchwindigkeit der Bewegung des Zeigers habe, und wie jene Schraube s dazu dienen könne, den gehörigen Gang des Apparates zu beſtimmen. — Brequet's Thermometer iſt in der Zeichn. 95. abgebildet. Der aus Silber, Gold und Platin zuſammengefügte Streifen iſt ſchraubenförmig gewunden; das obere Ende o desſelben iſt an der gebogenen Stange st befeſtigt, das untere u iſt frey und trägt einen horizontalen Zeiger uz, unter welchem ſich an der breiten Fläche des Fußes die Gradeintheilung in einem Kreiſe befindet. Auch dieſer Apparat iſt äußerſt empfindlich. Nur eine Unbequemlichkeit wäre ihm wegzuwünſchen; dieſe, daß er bey der leiſeſten Bewegung und bey jedem kleinen Luftzuge in ein Zittern geräth, und lange oſcillirt, bis er wieder zur Ruhe kömmt. Brequet hat übrigens auch Apparate mit ſpiralförmig gedrehten Metallſtreifen ähnlich den Holzmann'ſchen verfertigt. —

Zum gewöhnlichen Gebrauche gewähren alle derley Thermometer eine hinreichende Genauigkeit, und können ihrer bequemen Form wegen ſehr wünſchenswerth ſeyn. Für wiſſenſchaftliche Unterſuchungen aber haben ſie nicht die hinreichende Schärfe, obgleich eine große Empfindlichkeit. Denn die abſolute Ausdehnung der verwendeten Metalle als gleichförmig vorausgeſetzt, wird wohl auch die Differenz ihrer Ausdehnung gleichförmig wachſen. Dieſe wird aber nicht durch obige Inſtrumente gemeſſen, denn durch Zunahme oder Abnahme der Temperatur erhält die Lamelle eine größere oder kleinere Krümmung, oder, was dasſelbe iſt, ſie umfaßt bey der ſtärkeren Krümmung einen größeren, bey der geringeren einen kleineren Bogen. Die umfaſſeten Bogen nehmen beynahe ſo zu, wie ihre Halbmeſſer abnehmen. Erſtere nehmen nicht gleichmäßig mit der Temperatur zu und ab, ſind aber dasjenige, was das Inſtrument angibt. Die Grade dürften daher bey dieſem Inſtrumente, wenn es genau ſeyn ſollte, nicht gleich groß ſeyn. Bey der ältern Art kommt noch in Betrachtung, daß der ſtählerne Haken gh auf den Hebelsarm m bey verſchiedenen Temperaturen in verſchiedenen Entfernungen vom Drehungspuncte wirkt. —

Noch ſoll hier eines von Crighton angegebenen Apparates gedacht werden, deſſen Zweck der eines Thermometrographen (§. 635. Zuſatz) iſt, und in der Zeichn. 96. abgebildet wird. Eine

Stange aus einer eiſernen e e, und einer an dieſe gelötheten zinkenen z z zuſammengeſetzt, iſt bey s mittelſt einer Schraube befeſtigt, und oben mit einem ſeitwärts gebogenen Arme a verſehen. Dieſer iſt mit einem feinen Drahte verbunden, welcher um eine Rolle r geſchlungen iſt, und in eine bey f befeſtigte Spiralfeder ausgehet. An der Rolle befindet ſich zugleich die Axe eines Zeigers h, den wir den Hauptzeiger nennen wollen. Nun ſieht man wohl ein, daß der Zeiger h gegen m getrieben werde, wenn die Stange e e z z ſich nach links krümmt, im entgegengeſetzten Falle aber nach n hin, indem die Spiralfeder im letztern Falle ihn zurückzieht. Zugleich ſind noch zwey Zeiger vorhanden, und bloß durch Reibung in jeder Lage ruhend. Von dieſen treibt der Hauptzeiger, je nachdem er ſelbſt bewegt wird, den einen nach links oder den andern nach rechts; ſie zeigen mithin an dem Gradbogen m n die Statt gehabte höchſte und tiefſte Temperatur. —

Compenſatoren für Taſchenuhren. Dazu bedient man ſich eines ähnlichen Metallſtreifens wie bey den Metallthermometern. Bekanntlich iſt nähmlich bey dieſen Uhren die ſogenannte Unruhe der Regulator (§. 558. Zuſ.). Sie wird durch eine Spiralfeder s (Zeichn. 97) in Bewegung geſetzt; indem ſich nähmlich dieſe, ihrer Elaſticität zu Folge, mehr ab- und zudreht. Je elaſtiſcher nun die Spiralfeder iſt, deſto ſchneller wird ihre Oſcillation ſeyn. Wärme aber vermehrt die Länge und vermindert die Elaſticität derſelben, Kälte bewirkt das Gegentheil. Wie hilft man ſich hier? Durch zwey Metallſtreifen s und s, welche aus Eiſen und Kupfer, dieſes die äußere Stelle einnehmend, zuſammengefügt ſind. Sie werden an die Unruhe befeſtigt und etwas gebogen. Ihre Enden gehen in kleine Schrauben aus, woran kleine Metallmaſſen befeſtigt ſind. Geſetzt nun die Wärme nimmt zu oder ab: ſo wird im erſten Falle die Krümmung des Streifchens vermehrt, und die kleine Maſſe m dem Drehungspuncte der Unruhe c näher gebracht, im zweyten Falle aber mehr von ihm entfernt. In dem erſten Falle wird die Spiralfeder weniger Kraft (Elaſticität), nöthig haben, um die Unruhe mit zu bewegen, im zweyten Falle bedarf ſie dazu einer größern Kraft (einer größern Elaſticität). Iſt das Ganze ſo eingerichtet, daß mit der (nach Maßgabe der Temperatur) wachſenden oder abnehmenden Elaſticität der Spiralfeder die Momente der Maſſen m und m entſprechend wachſen oder abnehmen: ſo iſt der geforderte, bey allen Temperaturen gleichförmige Gang der Uhr erreicht. Zu dieſem Ende muß die Uhr in Temperaturen verſetzt werden, welche denen des auftHauenden Eiſes und des kochenden Waſſers nahe kommen,

die kleinen Goldmaſſen müſſen genähert und entfernt werden ꝛc. bis der Gang der Uhr mit dem einer genauen Pendeluhr gleichförmig iſt. —

Compenſatoren an Pendeluhren. Auch der gleichförmige Gang einer ſolchen Uhr leidet durch die Veränderung der Temperatur, indem das Pendel durch Erwärmung länger, durch Kälte kürzer wird, im erſten Falle demnach langſamer, im zweyten geſchwinder ſchwingt. Eine Stahlſtange von 3 Fuß kann durch einen Unterſchied von etwa 60° C (welcher von der tiefſten Winterkälte bis zur höchſten Sommerhitze allerdings Statt finden kann) um mehr als $1/4$ Linie länger werden. Dann würde es an dem heißeſten Tage gegen 30 Schwingungen mehr vollenden, als an dem kälteſten. Es iſt daher auch hier eine Compenſation nothwendig. Man bedient ſich dazu gewöhnlich einer Einrichtung, die unter dem Nahmen des roſtförmigen Pendels bekannt iſt, und ſich ebenfalls auf die ungleichförmige Ausdehnbarkeit verſchiedener Metalle gründet. Die Zeichnung 98. iſt die Abbildung eines ſolchen Pendels; a a b b iſt ein Rahmen aus Stahl, der an einem eiſernen Stänglein d in c aufgehangen iſt; e f und e f ſind zwey Stangen aus Kupfer, die in f und f feſtgemacht ſind, und oben durch die Querſtange e e zuſammengehalten werden. Dieſe Querſtange trägt die Pendelſtange g h, welche durch eine Öffnung in der untern Querſtange b b frey hindurch gehet, und den linſenförmigen Körper p trägt. Bey Zunahme der Wärme werden alle Theile dieſer Vorrichtung ausgedehnt. Der Mittelpunct der Linſe p kommt durch die Verlängerung von g h und c d auf eine tiefere Stelle; zu gleicher Zeit wird durch die Verlängerung von e f und e f die Querſtange e e und mithin auch g h und die Linſe p gehoben, endlich wird dieſelbe Linſe p durch Verlängerung von a b und a b niedergedrückt. Es käme nur darauf an, daß ſich dieſe Wirkungen gegen einander aufhöben, daß alſo p immer in derſelben Entfernung vom Aufhangspuncte c bliebe, und das Pendel demnach immer dieſelbe Länge behielte. Dieſes wird nur möglich ſeyn, wenn die Kupferſtangen e f, e f ſich ſtärker ausdehnen, als die eiſernen Stangen g h, a b, a b und c d, was auch wirklich der Fall iſt. Die Unterſchiede der Ausdehnung des Kupfers und Eiſens ſind indeſſen nicht ſo groß, daß zwey Rahmen hinreichen; man nimmt daher deren vier (wie die in der Zeichn. 99. angedeuteten), und befolgt die Regel, daß die Summe aller Kupferſtäbe gleich ſey der dreyfachen Entfernung des Schwerpunctes der Linſe vom Aufhangspuncte, oder daß 4 k k = 3 c p. Dieſes gründet ſich auf die Ausdehnbarkeit des Kupfers, welche ſich zu der des Eiſens verhält nahe

wie 3 : 2. Zur vollkommenen Stellung der Linſe dient unten eine Schraube s. —

Einfacher als das beſchriebene Pendel iſt, wegen der ſtärkern Ausdehnung des Zinkes, das aus Eiſen- und Zinkſtangen zuſammengeſetzte, dergleichen eines die Z. 100. andeutet. Hier ſtellt c d ein Eiſenſtänglein mit einem Stück Uhrfeder f vor, daran das Pendel hängt; eine Schraube bey s dient die Linſe L höher oder niederer zu ſchrauben; die Stangen z k und z′ k′ ſind von Zink, alles Übrige iſt von Eiſen, und aus der Zeichnung ſelbſt erſichtlich, denn die Einrichtung iſt wie die in der Zeichnung 98. abgebildete. Die Aufgabe iſt, die Ausdehnung des Eiſens durch die der Zinkſtangen zu compenſiren; und mithin entſteht die Frage, wie lang z k ſeyn müſſe, wenn die ganze Länge des Pendels $= cC = cd + em + pC$ ungeändert bleiben ſoll. Dieſe Länge heiße l, die zu ſuchende Länge von z k werde durch x, die lineare Ausdehnung des Eiſens durch a, die des Zinkes durch $\alpha$ bezeichnet. So iſt, wenn die Länge l ungeändert bleibt, immer $la + xa - x\alpha = 0$, mithin $la = x\alpha - xa = x(\alpha - a)$, und alſo $x = \frac{la}{\alpha - a}$.

Ein Beyſpiel. Geſetzt l ſey = 37 Zoll: ſo muß (weil a die lineare Ausdehnung des Eiſens = 0,001224, und $\alpha$ die lineare Ausdehnung des Zinkes = 0,002968 iſt) x ſeyn $= 37 \frac{0{,}001224}{0{,}002968 - 0{,}001224} = 37 \frac{1224}{1744} = 26{,}61124 \ldots$ Man ſieht wohl von ſelbſt, wie ſchwer eine ſolche Größe in der Ausführung genau beſtimmt werde. Daher werden die Zinkſtangen über dem Querbalken mit Schrauben verſehen, mittelſt deren der Querbalken etwas herabgelaſſen oder höher hinaufgeſchraubt werden kann, um der Compenſation die gehörige Größe zu geben. Es verſteht ſich übrigens von ſelbſt, daß zugleich unten die Schraube gedreht werden muß, wenn l dieſelbe Größe bleiben ſoll. — Mehr noch wird die Compenſation mit Queckſilber vorgezogen, weil ſie noch einfacher iſt. Ein ſolches Pendel beſteht aus einer bloßen Stange, die unten in eine Art Steigbügel ausgeht, welcher ein mit Queckſilber gefülltes Gefäß (Zeichn. 101.) trägt. Dieſes Gefäß ſteht auf einer Platte, welche mittelſt einer Mikrometerſchraube gehoben und geſenkt werden kann, wenn es die Regulirung des Pendels nöthig macht; oben wird es mittelſt eines Deckels feſt gehalten. Die Compenſation iſt leicht einzuſehen. Der Schwingungspunct fällt beynahe in die Mitte der Queckſilbermaſſe; geſetzt er ſey in C. Durch die Ausdehnung des Queckſilbers wird

er gehoben, und zwar um die Hälfte der Verlängerung des Queckſilbercylinders, eben darum, weil er in der Mitte angenommen wird. Durch die Verlängerung der Stange aber wird er etwas tiefer herabgebracht. Beyde Größen ſollen einander aufheben. — Heißt nun wieder die Länge $cC = l$, die halbe Länge des Queckſilbercylinders $x$, die lineare Ausdehnung des Eiſens $a$, die cubiſche Ausdehnung des Queckſilbers $\alpha$ (welche aber hier zu einer linearen Ausdehnung des Cylinders wird): ſo iſt auch hier $la + xa - x\alpha = o$, und mithin $x = l \frac{a}{\alpha - a}$, die Ausdehnung des Glaſes weggedacht, auf welche indeß gleichfalls Rückſicht genommen werden muß. — Auch eine aus Kupfer und Eiſen zuſammengeſetzte Feder hat man als Compenſator vorgeſchlagen. In der Zeichn. 102. iſt cp das Pendel; srrs die Compenſationsfeder, deren unterer Theil aus Kupfer, der obere aus Eiſen verfertigt iſt, und welche an jedem ihrer Enden eine Schraube hat, damit daran die Metallmaſſen m und m können angeſchraubt werden. Durch Erwärmung wird das Pendel länger, zugleich aber krümmt ſich rs und rs aufwärts, hebet die Maſſen m und m, und mithin den Schwingungspunct. Das Gegentheil geſchieht bey Zunahme der Kälte.

Compenſatoren bey verſchiedenen Leitungsröhren, z. B. für Waſſerleitungen, für die Dampfheitzung, für die Beleuchtung mit Gas u. d. m. Weil nähmlich ſolche Röhren verſchiedenen wechſelnden Temperaturen ausgeſetzt werden: ſo müſſen die Theile derſelben in einander luft- oder waſſerdicht hin und her geſchoben werden können. — Eben ſo ſollen im Gemäuer (z. B. an Fenſtern) eingeſetzte Eiſenſtäbe an dem einen Ende einen freyen Spielraum haben.

Nicht nur ein aus zweyerley Materien zuſammengeſetzter, ſondern auch ein und derſelbe Körper kann ſich krümmen, wenn er ungleichförmig erwärmt wird (ſo z. B. krümmt ſich ſchon ein Streifen Papier). Iſt ein ſolcher Körper ſpröde: ſo bricht er (ſo z. B. ſpringt ein Glasgefäß, in welches ſchnell heißes Waſſer gegoſſen wird). —

§. 664. II. Ausdehnung der tropfbaren Flüſſigkeiten. Auch von dieſen iſt bereits (§. 630.) im Allgemeinen dargethan worden, daß ſie durch die Wärme ſich ſtärker ausdehnen als die feſten Körper, daß die Ausdehnung derſelben nur in gewiſſen Gränzen nahe proportional der Wärme könne angenommen werden, übrigens

bey verſchiedenen Flüſſigkeiten eine verſchiedene Größe habe. Um aber ganz genaue Reſultate über alle dieſe Angaben zu erhalten, ſind die dort angeführten Erſcheinungen nicht hinreichend; es mußten zu dieſem Zwecke mittelſt genauerer Apparate manche mühevolle Verſuche angeſtellt werden, und ſind von vielen Phyſikern mit vielem Fleiße angeſtellt worden.

Apparate und Verſuche zur Beſtätigung jener Angaben. Die beſte Methode dürfte wohl diejenige ſeyn, bey welcher man den Grundſatz benützt, daß in communicirenden Röhren die Höhen zweyer Flüſſigkeiten ſich verhalten wie umgekehrt ihre ſpecifiſchen Gewichte (§. 337.). Sie empfiehlt ſich ſchon dadurch, weil ſie keiner Correctionen bedarf; auch haben ſich derſelben Dulong und Petit bey ihren ſehr genauen Verſuchen bedient. Die dazu nöthige Vorrichtung iſt eine Art umgekehrter Heber (Zeichn. 103.), deſſen beyde verticale Schenkel oben in weitere Röhren ausgehen, um die Capillarwirkung zu beſeitigen. Jeder derſelben iſt mit einer weiteren, auf dem Brete BR angekütteten Röhre umgeben. In dieſe Schenkel wird die zu unterſuchende Flüſſigkeit gegoſſen; ſie ſteht in beyden gleich hoch. Dann aber werden die zwey äußern Cylinder mit ungleichwarmem Waſſer gefüllt, wodurch auch die in Unterſuchung ſtehende Flüſſigkeit in dem einen Schenkel heißer, und mithin ſpecifiſch leichter wird, als in dem andern, und demnach höher ſteht. Das Verhältniß dieſer ungleichen Höhen gibt (umgekehrt) das Verhältniß der ſpecifiſchen Gewichte, mithin den Ausdruck für die durch die Wärme bewirkte Ausdehnung. Welche Temperatur aber die Flüſſigkeit in dem Schenkel a und b habe, erfährt man mit Hülfe von Thermometern. — Man muß indeſſen nicht glauben, daß dieſes Verfahren auch in der Ausführung ſo leicht ſey, wie einfach es erſcheint. Es wird zu einem genauen Reſultate erfordert, daß die Schenkel genau vertical ſind, daß die Temperaturen genau beſtimmt werden, auch hinreichend lange bey derſelben Temperatur bleiben, um eine ſcharfe Meſſung des Höhenunterſchiedes möglich zu machen; daß endlich die Meſſung ſelbſt ſcharf genug ſeyn müſſe, um auch ſehr geringe Bruchtheile jenes Höhenunterſchiedes anzugeben, daher die Beobachtung beyläufig auf eine ähnliche Art mittelſt eines Fernrohres, wie die für die Capillarität angegebene (§. 526. Zuſ.), vorzunehmen iſt. — Auch die Abwägung eines feſten Körpers (z. B. eines Stückes Metall) in der zu unterſuchenden Flüſſigkeit bey verſchiedenen Temperaturen derſelben hat man angewendet, um die Ausdehnung dieſer Flüſſigkeit zu beſtimmen. Je weniger nähmlich dieſer Körper an ſeinem Gewichte

verliert, deſto ſpecifiſch leichter iſt die Flüſſigkeit geworden (§. 360.), deſto mehr hat ſie ſich mithin ausgedehnt. Doch wird hiebey vorausgeſetzt, daß ſchon früher bekannt ſey, um wie viel der eingetauchte Körper bey jeder Temperatur an Rauminhalt zunimmt.

Verſuche über dieſen Gegenſtand laſſen ſich auch mittelſt einer Thermometerröhre anſtellen, deren Kugel einen beträchtlich größern Inhalt als die Röhre hat. Vor allem muß dieſer Apparat in gleiche Theile, dem Rauminhalte nach, getheilt werden. Den Rauminhalt aber der Röhre und der Kugel kann man finden, wenn man ſie nach und nach mit Queckſilber füllt, und nach jeder Hinzugabe von Queckſilber auf einer genauen Wage abwägt. Die Zunahmen am Gewichte zeigen die verhältnißmäßigen Größen der hinzugekommenen Queckſilbermengen. Sind nun dieſe Zunahmen dem Gewichte nach gleich: ſo ſind die Räume, die ſie in der Röhre einnehmen, einander ebenfalls gleich; ſie werden auf die Röhre aufgetragen. — Dieſen ſo vorgerichteten und eingetheilten Apparat füllt man nun mit der zu unterſuchenden Flüſſigkeit (z. B. Waſſer), bringt die letztere zum Sieden, und wenn alle Luft ausgetrieben iſt, ſchmilzt man die Röhre zu; kurz, man geht ſo zu Werke, als ob man ein Thermometer verfertigen wollte, deſſen thermoſcopiſche Subſtanz die in der Frage ſtehende Flüſſigkeit wäre. Iſt Alles wieder erkaltet: ſo füllt die Flüſſigkeit die Kugel und einen Theil der Röhre. Nun erſt laſſen ſich Verſuche anſtellen. Der Apparat nähmlich wird in Waſſer getaucht, deſſen Temperatur durch ein gleichfalls eingetauchtes Queckſilberthermometer beſtimmt wird. Indem die innere Flüſſigkeit in der eingetheilten Röhre ſteigt oder fällt, und endlich auf einem Puncte ſtehen bleibt, erſieht man an der Eintheilung, wie groß ihr Rauminhalt iſt. Taucht man mithin den Apparat in Waſſer von irgend einer Temperatur, z. B. von 5° C, und dann ſucceſſiv in ein immer wärmeres, und beobachtet die Ausdehnungen der inneren Flüſſigkeit, ſo findet man, ob dieſe verſchiedenen Ausdehnungen mit denen des immer zugleich angewendeten Queckſilberthermometers einen gleichartigen Gang haben, oder nicht, und welchen Gang ſie haben. Deluc hat auf dieſe Weiſe über mehrere Flüſſigkeiten Verſuche angeſtellt.

§. 665. Da unter allen tropfbaren Flüſſigkeiten das Waſſer für die Anwendung die wichtigſte iſt: ſo hat man ſich beſonders bemüht, ſeine Ausdehnung bey verſchiedenen Temperaturen zu erfahren. Nach Verſuchen von Munke dehnt es ſich vom Nullpuncte bis zum Siedepuncte um 0,0429 ſeines Raumes

aus; d. h. eine Quantität Waſſers von 10000 Kubikzoll und einer Temperatur von 0° nimmt bey der Temperatur, wo es zu ſieden anfängt, einen Raum von 10429 Kubikzoll ein. — Ferner hat man gefunden, daß das Waſſer beym Erkalten ſich immer weniger zuſammenzieht, je mehr ſich ſeine Temperatur dem vierten Grade der hunderttheiligen Scale nähert. Wird es noch mehr erkaltet: ſo behält es einige Zeit dieſelbe Dichte, dann fängt es an, ſich ſogar auszudehnen, bis es endlich gefriert. Es hat mithin die größte Dichte zwiſchen dem dritten und vierten Grade über Null (nach Munke bey 3°, 78 C, nach Stampfer bey 3°, 75 C).

Munke beobachtete den Rauminhalt des Waſſers in einer mit einer Kugel verſehenen Röhre bey verſchiedenen Temperaturen, nach §. 664. Zuſatz; Stampfer dagegen wählte das ebenfalls dort angegebene Verfahren durch Eintauchung eines meſſingenen Cylinders, deſſen Rauminhalt und Gewicht genau beſtimmt war, und deſſen Gewichtsverluſt im Waſſer von beſtimmten Temperaturen geſucht wurde, um daraus die Dichte des letzteren zu berechnen.

Die Ausdehnung des Waſſers vor dem Gefrieren hängt mit der bereits oben (§. 661.) erwähnten Erſcheinung zuſammen, nach welcher das Eis ſpecifiſch leichter iſt, als das flüſſige Waſſer. Daß dieſes bey noch einigen Materien Statt finde, iſt ebenfalls ſchon geſagt worden (§. 661. Zuſ.).

Außer der Ausdehnung des Waſſers iſt auch beſonders die des Queckſilbers und Weingeiſtes für viele Anwendungen wichtig. Nach genauen Verſuchen von Dulong und Petit dehnt ſich das erſtere aus für jeden Grad des hunderttheiligen Thermometers um $^1/_{5550}$ ſeines Raumes bey 0°. Der Raum des Weingeiſtes = 1 bey 0° C iſt = 1,12 bey 100° C. — Über die Ausdehnungen anderer Flüſſigkeiten durch Wärme ſehe man die Tafeln des Anhanges.

§. 666. III. Die ausdehnſamen Flüſſigkeiten dehnen ſich durch die Wärme gleichförmig aus. Ferner dehnen ſich dieſe Flüſſigkeiten bey derſelben Erhöhung der Temperatur alle gleich ſtark aus; und zwar verhält ſich der Rauminhalt, den ſie bey 0° haben, zu dem, welcher ihnen bey 100° des hunderttheiligen Thermometers zukommt, wie 1000 zu 1375, oder wie 1 : 1,375. Wenn nähmlich eine ſolche Flüſ-

ſigkeit bey der Temperatur des ſchmelzenden Eiſes ein Volum von einem Kubikfuß hat: ſo iſt ihr Volum bey der Temperatur des ſiedenden Waſſers = 1,375 oder $1^3/_8$ Kubikfuß. Wegen der Gleichförmigkeit der Ausdehnung kommt auf jeden Grad eine Zunahme von 0,00375, oder, durch einen gemeinen Bruch ausgedrückt, von nahe $^1/_{267}$ des ganzen Rauminhaltes, der einer ſolchen Flüſſigkeit bey 0° C zukommt.

Für jeden Grad der achtzigtheiligen Scale kommt mithin eine Zunahme von 0,00468 oder $^1/_{213}$ des ganzen Volums. — Daraus ergibt ſich die Methode, den Rauminhalt einer ſolchen Flüſſigkeit für jede Temperatur zu beſtimmen, wenn ihr Rauminhalt bey 0° C angegeben iſt. Geſetzt, es wäre bey 0° C, und bey dem Barometerdrucke von 28 Zoll das Volum eines Gaſes = 3 Kubikzoll: ſo muß bey 10° C, wenn der Druck der Atmoſphäre ungeändert bleibt, dieſes Volum um 10 Mahl 0,00375 vermehrt, und dieſe Vermehrung zu dem vorigen hinzu addirt werden, mithin das Ganze $3 + (3 \times 10 \times 0{,}00375) = 3{,}1025$ Kubikzoll betragen. Wird aber zugleich der Druck verändert, wäre er z. B. ſtatt 28 Zoll nun 30 Zoll: ſo müßte ſchon in dieſer Beziehung das frühere Volum zu dem jetzigen ſich verhalten, wie umgekehrt die drückenden Kräfte, mithin wie 30 : 28. Das aufgefundene Volum wäre alſo mit $^{28}/_{30}$ zu multipliciren. —

Allgemein ausgedrückt: Wenn wir das Volum des Gaſes bey 0° mit V bezeichnen, das Volum bey t Graden über 0° aber v nennen wollen: ſo iſt $V : v = 1 : 1 + 0{,}00375 \times t$, alſo $v = (1 + 0{,}00375\ t)\ V$. Bezeichnet b den normalen, b′ den beobachteten Barometerſtand, v′ das Volum bey b′: ſo iſt $v : v' = b' : b$, alſo $v' = \frac{b\,v}{b'} = \frac{(1 + 0{,}00375\ t)\ V\,b}{b'}$.

Verſuche über die Ausdehnung der ausdehnſamen Flüſſigkeiten durch Wärme ſind von mehreren Forſchern angeſtellt worden. Für die gelungenſten hält man die von Dalton und Gay-Luſſac. Die hier angegebene Ausdehnbarkeit folgt aus den Verſuchen des letzteren. Die von Dalton erhaltenen Reſultate ſind davon unbedeutend verſchieden. Beſtätigt wurden ſie auch durch die von Dulong und Petit mittelſt eines Apparates, der dem von Gay-Luſſac nahe kommt, angeſtellten. Nur haben ſie ihren Verſuchen einen größern Umfang gegeben, indem ſie die zu unterſuchenden Gaſe höheren Temperaturen ausſetzten, und eben darum zur Erhitzung derſelben ſtatt des von Gay-Luſſac angewendeten Waſſers, ſich des Öhles bedienten. —

Gay-Luſſac bediente ſich bey ſeinen Verſuchen einer Glasröhre mit Kugel r k (Zeichn. 104.), von welcher der Rauminhalt bekannt war. Dieſer Apparat wurde durch Erhitzung ſorgfältig von aller Feuchtigkeit befreyt und dann mit Queckſilber gefüllt. Das Queckſilber wurde, wie in einem Thermometer, zum Sieden gebracht. An die Röhre r wurde ferner eine weitere Röhre c c gekütte, welche als Behältniß für die zu unterſuchende Luft diente. Um auch dieſe von aller Feuchtigkeit zu befreyen, wurde c c mit Stückchen von ſalzſaurem Kalke gefüllt. Aus der Röhre c c wurde nun eine Portion Luft in die Röhre r k gebracht; die Röhre wurde nähmlich ſo geneigt, daß ein großer Theil des Queckſilbers aus r k nach c c überfloß, und r k demnach ſich mit Luft füllte. Um die Überfüllung zu erleichtern, diente ein feiner Eiſendraht c e′, der durch die Pfropfen p und p′ durchgezogen war. Mit einiger Vorſicht gelang es, in der Röhre r k eine ganz kleine Queckſilberportion q zu behalten, die als ein abſperrender Kolben diente. Wurde nun die Luft in r k erwärmt: ſo mußte ſie ſich ausdehnen und den Kolben q vorwärts treiben, ohne dadurch einen größern Druck von der Atmoſphäre zu erleiden. — Die Erwärmung ſelbſt wurde in einem mit Waſſer gefüllten metallenen Gefäße bewirkt. Die ganze Vorrichtung iſt in der Zeichnung 105. abgebildet. A B iſt das Gefäß in Geſtalt eines Parallelepipedums. In dieſes Gefäß wurde Waſſer gethan, und nach und nach erwärmt. Zu dieſem Ende ſteht das ganze Gefäß A B über einem Ofen C D derſelben Größe. T iſt ein Thermometer, welches lothrecht eingetaucht iſt und dazu dient, die Temperatur des Waſſers ungefähr anzugeben; r k iſt die Röhre ſammt Kugel, welche die auszudehnende Luft enthält. Sie iſt wagerecht eingeſetzt, um ganz in einer und derſelben wagerechten Schichte des erwärmten Waſſers ſich zu befinden, indem die über einander liegenden Schichten nicht eine genau gleiche Temperatur haben. Um die Temperatur dieſer Waſſerſchichte zu beſtimmen, dienet das gegenüber von r k ebenfalls wagerecht eingeſetzte Thermometer t t. — Die Öffnungen, durch welche die Röhren gehen, ſind mit Korkpfropfen zugeſchloſſen; die Pfropfen ſind durchbohrt, damit die Röhren mit einiger Reibung hin und her können bewegt werden. Will man nun den Stand des Thermometers t t wiſſen: ſo zieht man dieſes ſo weit heraus, bis ſich die Queckſilberſäule außer dem Gefäße A B zeigt. Will man wiſſen, wie ſtark ſich die Luft bey der eben am Thermometer beobachteten Temperatur ausgedehnt habe: ſo zieht man die Röhre r k ſo weit heraus, bis ſich das Queckſilberſäulchen q zeigt; man ſieht nun, bis zu welcher Stelle der an

der Röhre angebrachten Eintheilung es reicht. — Das Waſſer im Gefäße A B kann man von 0 bis zu 100° erhitzen, und eben ſo wieder abkühlen laſſen. — Zwey Umſtände ſind bey dieſen Verſuchen zu berückſichtigen, nähmlich die Ausdehnung und Zuſammenziehung des Glaſes und dann der Druck der Atmoſphäre, wenn er ſich etwa während der Zeit des Verſuches geändert hätte. Man nimmt auch hier zum Normalbarometerſtande den von 28 par. Zoll. Geſetzt nun, es wäre ein anderer Barometerſtand; wir wollen als Beyſpiel zur Erleichterung der Rechnung uns vorſtellen, er wäre = 14 par. Zoll, alſo die Hälfte des vorigen: ſo würde die eingeſperrte Luft, dem Mariottiſchen Geſetze zu Folge (§. 437.), einen doppelten Raum einnehmen, als ſie bey derſelben Temperatur und dem Barometerſtande = 28 par. Zoll eingenommen hätte; man müßte demnach den beobachteten Rauminhalt der Luft mit 2 dividiren, oder (was dasſelbe iſt) mit $^1/_2$ oder $^{14}/_{28}$ multipliciren; überhaupt alſo muß mit dem Bruche multiplicirt werden, deſſen Nenner den beobachteten, und deſſen Zähler den Normal-Barometerſtand ausdrückt; bey einem Barometerſtande = 27 par. Zoll, alſo mit $^{27}/_{28}$.

Gay-Luſſac hat gefunden, daß verſchiedene Gasarten bey denſelben Temperaturen dieſelbe Ausdehnung erleiden. — Um mit andern Gasarten als Luft Verſuche anzuſtellen, mußte die Röhre zuvor luftleer gemacht, dann mit der zu beobachtenden Gasart angefüllt werden. — Ferner hat er gefunden, daß die Ausdehnungen ſich auf dieſelbe Weiſe gezeigt haben, wenn keine austrocknenden Salze in die Röhre ſind hineingethan worden. In dieſem Falle war die darin enthaltene Flüſſigkeit nicht Luft allein, ſondern ein Gemenge aus Luft und Waſſerdampf. Daraus folgerte er nun, daß der Waſſerdampf ſich eben ſo ausdehne wie die Luft. Nur eines muß hier bemerket werden, nähmlich, daß man bey den Verſuchen mit Dämpfen die Temperatur bloß erhöhen, nicht aber ſie vermindern dürfe, weil bey Erniedrigung derſelben ein Theil des Dampfes in tropfbar flüſſiges Waſſer übergeht, wie das an andern Orten wird dargethan werden. — Da Gay-Luſſac dieſelben Reſultate erhielt, wenn er Dämpfe von Schwefeläther der Prüfung unterwarf: ſo ſchließet er, daß wohl dasſelbe Ausdehnungsgeſetz für alle Dämpfe gelten werde.

§. 667. In demſelben Verhältniſſe, in welchem eine gasförmige Flüſſigkeit durch die Wärme ausgedehnt wird (vor-

ausgeſetzt, daß ſie ſich ausdehnen kann), nimmt auch ihre Expanſivkraft zu, wenn ihrer Ausdehnung ein Hinderniß entgegenſteht. Mithin verhält ſich die Spannkraft bey 0° C zu der bey 100° C, wie 1 zu 1,375, oder wie 8 zu 11. Wie man übrigens in der Erfahrung die Spannkraft eines abgeſchloſſenen Gaſes durch Queckſilberhöhen beſtimme, iſt bereits im §. 436. gelehrt worden.

§. 668. Luftthermometer. Auf die gleichmäßige Ausdehnung der gasförmigen Flüſſigkeiten durch Wärme gründet ſich die Conſtruction des eigentlichen Luftthermometers, deſſen in der Lehre von den Thermometern bloß kürzlich iſt erwähnt worden (§. 631.). Ein ganz einfacher Apparat dieſer Art (dergleichen einer in der Zeichnung 106. abgebildet iſt) beſteht aus einer gekrümmten Röhre, deren kürzerer Schenkel in eine Kugel ſich endet, der längere aber offen bleibt, wie der Apparat zu den im §. 630., Zuſ. beſchriebenen Verſuchen. Es wird Queckſilber eingefüllt, ſo daß etwa die Hälfte der Kugel noch Luft enthält, und das Queckſilber im längeren Schenkel etwas höher ſteht. Jede Erwärmung wird die Luft im längeren Schenkel höher treiben, die Kälte wird den entgegengeſetzten Erfolg bewirken. Der Apparat hat einen bedeutenden Grad von Empfindlichkeit, kann daher dienen, um ſchnelle Abwechslungen der Wärme anzuzeigen. Um aber dieſen Wärmezeiger zu einem Wärmemeſſer zu machen, muß noch eine genaue Scale hinzukommen. Doch auch dann iſt noch der Umſtand zu erinnern, daß zugleich die äußere Luft auf das Queckſilber in der offenen Röhre drückt, und auf die Höhe des Queckſilbers einen Einfluß hat, ſo daß ſogar ein Steigen und Fallen desſelben auch ohne Veränderung der Temperatur Statt finden kann. Dieſer Fehler läßt ſich übrigens dadurch vermeiden, daß der Raum über dem Queckſilber in dem längern Schenkel luftleer gemacht wird, was dadurch erreicht werden kann, wenn man die Luft in der hinreichend großen Kugel ſo viel erwärmt, daß durch das Steigen des Queckſilbers in der Röhre alle Luft ausgetrieben, und die Röhre dann in a zugeſchmolzen wird. Man kann übri=

gens auch jedes Gefäßbarometer in ein ſolches Thermometer verwandeln, wenn man das Gefäß desſelben zuſchmilzt. Nur iſt der Apparat, ſeiner Länge wegen, unbequem, und müßte, um für höhere Wärmegrade zu dienen, noch eine bedeutendere Länge haben. Auch wird eine ſchwierige Correction nothwendig, weil die in Folge der Wärme oder Kälte wachſende oder abnehmende Höhe der Queckſilberſäule immer einen andern Druck auf die eingeſchloſſene Luft äußert. Um nun eine Vorrichtung zu haben, in welcher eine ganz ungehinderte Ausdehnung und Zuſammenziehung der Luft durch Wärmeveränderung Statt fände, iſt es am gerathesten, die Luft bloß durch eine kurze Queckſilberſäule in einer horizontal gehaltenen Röhre abzuſperren.

Bemerkungen über Scalen für Luftthermometer und den ſogenannten abſoluten Nullpunct. Um eine Scale für ein Luftthermometer zu erhalten, kann man entweder der beym Queckſilberthermometer angezeigten Methode ſich bedienen; oder man kann nach aufgefundenem Thau- und Siedepuncte den Fundamentalabſtand auch anders theilen. Theilt man ihn in 375 gleiche Theile, und ſetzt an den Nullpunct die Zahl 1000, an den Siedepunct des Waſſers die Zahl 1375: ſo hat man (nach §. 666.) einen Apparat, der die Größe der durch die Wärme bewirkten Ausdehnung unmittelbar anzeigt. Man kann indeſſen auch den Fundamentalabſtand in 100 gleiche Theile theilen, an den Eispunct aber die Zahl 267, an den Siedepunct die Zahl 367 ſetzen, und gleich große Theile unter den Thaupunct auftragen. Dieſes ſteht in Verbindung mit der Annahme, daß, wenn man ſich einen abſoluten Nullpunct, nähmlich einen Kältegrad denkt, bey dem ein vollkommener Mangel an Wärme vorhanden wäre, dieſer Nullpunct an den 267. Grad des hunderttheiligen Thermometers unter dem Thaupuncte zu liegen käme. Wird nun das Null des Luftthermometers an dieſem Puncte gedacht: ſo kommt natürlicher Weiſe an die Stelle des Thaupunctes (oder des 0° C) der Grad 267. Wie man aber auf die Zahl 267 gerathen konnte, erhellet unter anderm aus folgender Betrachtung. Wenn man (dem oben Angeführten zu Folge) annimmt, daß eine Portion Luft bey jedem Grade des hunderttheiligen Thermometers eine Vermehrung oder Verminderung um 0,00375 desjenigen Rauminhaltes erleidet, den ſie bey der Temperatur des Thaupunctes hat, ſo läßt ſich die Frage ſtellen, wie weit die Kälte ſinken müßte, bis dieſe Luft alle Ausdeh-

nung verlöre, verſteht ſich immer unter der Vorausſetzung, daß wirklich die Raumverminderung bey zunehmender Kälte immerfort nach demſelben Verhätlniſſe Statt fände, und einmahl null werden könnte. Um leichter zu rechnen, wollen wir den Ausdruck 0,00375 durch einen gemeinen Bruch ausdrücken, dem er gleich iſt, mithin durch $1/_{267}$. Den Rauminhalt bey 0° C als 1 geſetzt, wäre mithin bey — 1° C derſelbe $= 1 - 1/_{267}$, bey — 2° C wäre er $= 1 - 2/_{267}$ u. ſ. w., bey — 267° C alſo $= 1 - 267/_{267} = 0$. — Ob ſich übrigens etwas Materielles, das keine Ausdehnung hat, denken laſſe, iſt eine andere Frage, oder vielmehr (nach §. 28.) keine Frage. Denkt man ſich mithin die Wärme als das *einzige* Ausdehnungsprincip (als die Ausdehnungskraft ſelbſt): ſo kann von einem abſoluten Mangel derſelben bey einem Körper natürlich keine Rede ſeyn. Daher auch *Rumford*, der keinen Wärmeſtoff annimmt, ſich deutlich ausſpricht, es gäbe keinen abſoluten Nullpunct (ſ. Phil. Transact. 1801. I. S. 156). Denkt man ſich aber die Urſache der Wärme als einen *eigenen Stoff*, der ſich mit den Körpern bloß verbindet: ſo wäre es *an ſich* kein Widerſpruch, ſich einen Körper ohne allen Wärmeſtoff zu denken; aber dadurch hätte man ſich keineswegs alle Ausdehnung dieſes Körpers weggedacht, weil ihm dieſe durch ſeine eigene ihm inwohnende Ausdehnungskraft zukommt, oder (wenn wir einen Ausdruck vermeiden wollen, der denjenigen anſtößig ſeyn könnte, die nicht gern von Grundkräften ſprechen) weil ja die *Grundtheilchen* der Luft ſelbſt auch nicht ohne Ausdehnung (Räumlichkeit) gedacht werden können. Könnte übrigens ein *Cubikzoll* Luft durch Hinwegnahme alles Wärmeſtoffes alle Räumlichkeit verlieren: ſo könnte es offenbar eben ſo gut die *ganze Atmoſphäre*. Überdieß gilt jene Ausdehnung und Zuſammenziehung in dem Verhältniſſe von 0,00375 für jeden Grad, *nur ſo weit unſere Erfahrungen reichen*. Wäre es nicht möglich, daß bey einer gewiſſen Tiefe der Temperatur der luftförmige Zuſtand ganz aufhörte? Nur für dieſen gilt jenes Geſetz. — Den abſoluten Nullpunct zu beſtimmen, haben mehrere Phyſiker ſich bemüht, unter welchen aber *Clement* und *Desormes*, die ihn aus dem Verhalten der Gaſe zu beſtimmen ſuchten, wohl den richtigſten Weg für dieſe *Idee* gewählt haben dürften (ſ. Journ. de Phys. LXXXIX. S. 313.).

Die Grade der zuletzt angegebenen *eigenen Scale* laſſen ſich ſehr leicht durch bloße Addition oder Subtraction in die Grade des hunderttheiligen Queckſilberthermometers verwandeln, und umgekehrt, denn ſie haben dieſelbe Größe, und nur andere Zahlen. Bezeichnet

L eine beliebige Anzahl von Graden des Luftthermometers, C die ihr entſprechende Anzahl von Graden des Queckſilberthermometers: ſo iſt $L - 267 = C$, und $C + 267 = L$. So z. B. 12 Grade des Queckſilberthermometers ſind $= 12 + 267 = 279^{\circ}$ des Luftthermometers. In Beziehung aber auf die zuerſt angegebene Scale, welche beym Thaupuncte die Zahl 1000 hat, iſt $3{,}75\,C + 1000 = L$, und $\frac{L - 1000}{3{,}75} = C$. So z. B. 12 Grade des hunderttheiligen Queckſilberthermometers machen $12 \times 3{,}75 + 1000 = 45 + 1000 = 1045^{\circ}$ des Luftthermometers. — Dieſe Zurückführung der Grade der einen Scale auf die andere iſt nicht unwichtig, um den Gang des Queckſilberthermometers mit dem des Luftthermometers zu vergleichen. Es hat ſich nähmlich ergeben, daß beyde innerhalb der Gränze des Fundamentalabſtandes mit einander vollkommen übereinſtimmen. Über dem Siedepuncte aber dehnet ſich das Queckſilber raſcher aus als die Luft, und zwar deſto raſcher, je näher es ſeinem eigenen Siedepuncte ſich nähert.

## Änderung des Aggregatzuſtandes.

### A. Das Schmelzen feſter Körper, und das Feſtwerden der flüſſigen.

§. 669. Die Erfahrung lehrt, daß ſehr viele feſte Körper (Eis, Wachs, die Metalle u. ſ. w.) durch Wärme tropfbar flüſſig oder geſchmolzen werden können. Derjenige Grad, bis zu welchem ein ſchmelzbarer Körper erwärmt werden muß, damit er flüſſig werde, heißt der Schmelzpunct desſelben; bey Eiſe nennt man ihn den Thaupunct. Die Erfahrung lehrt ferner, daß der Schmelzpunct bey verſchiedenen Materien ſehr verſchieden ſey. So z. B. ſchmilzt das Queckſilber ſchon bey einer Wärme von 39° C, und iſt daher in der bey uns, ſelbſt im Winter, gewöhnlichen Temperatur flüſſig. Eis ſchmilzt früher als Wachs, dieſes früher als Schwefel, dieſer früher als Zinn ꝛc. Manche Körper müſſen äußerſt ſtark erhitzt werden, ehe ſie ſchmelzen; dahin gehört unter den Metallen Gold, Eiſen und

beſonders Platin. — Man unterſcheidet daher **leicht flüſſige** und **ſtreng flüſſige Materien.**

Viele Körper, die jedem Ofenfeuer widerſtehen, ſchmelzen in dem Brennpuncte eines Brennſpiegels. Viele, die man für unſchmelzbar gehalten hat, wurden flüſſig in der Flamme der Newmanniſchen Lampe, bey welcher Knallgas verwendet wird. Vielleicht würde keiner widerſtehen, wenn er nicht früher verbrennte, wie z. B. die Kohle, der Graphit. Über den verſchiedenen Grad der Schmelzbarkeit verſchiedener Materien folgt im Anhange eine Tafel.

Manche Körper erleiden vor dem Schmelzen eine chemiſche Zerſetzung. Zu dieſen gehören alle organiſchen, doch auch manche nicht organiſche. Bey einigen iſt es gelungen, dieſe Zerſetzung zu verhüthen, dadurch, daß man ſie unter ſehr hohem Druck erhitzte. So wurde z. B. von Hall der Marmor geſchmolzen.

Bey manchen Körpern wird die Schmelzung ſehr erleichtert durch Hinzufügung anderer Materien, die man dann **Schmelzungsmittel** nennt. So z. B. iſt der Schwefel ein Schmelzungsmittel für Eiſen; Zinn und Bley für Silber und Kupfer: Borax und Flußſpath für die Erden. — Es gibt Materien, welche ziemlich leicht ſchmelzen, zuſammengeſchmolzen aber ein Gemiſche geben, welches noch viel leichter ſchmilzt, als jeder der einzelnen Beſtandtheile. So eines iſt das ſogenannte Roſe'ſche Gemiſche, welches ſchon in der Temperatur des ſiedenden Waſſers flüſſig wird. Es beſteht aus Zinn, Wismuth und Bley, deren Miſchungsverhältniß iſt = 1 : 2 : 1. Je nachdem dieſes Verhältniß anders gewählt wird, iſt es mehr oder weniger ſchmelzbar, und eignet ſich ſo zu mancherley Anwendungen. Daher rückwärts auch eine Tabelle darüber angegeben iſt.

§. 670. Nicht alle ſchmelzbaren Körper zeigen dieſelben Erſcheinungen. **Manche werden weich, ehe ſie ſchmelzen** und gehen alle Grade der Weichheit durch, bis zum Flüſſigſeyn (wie z. B. Wachs und alle Fettigkeiten). — — Andere ſchmelzen, ohne früher weich zu werden (wie z. B. das Eis); manche werden ſogar ſpröder, ehe ſie in den Zuſtand der Flüſſigkeit übergehen (dieß iſt der Fall z. B. bey den meiſten Metallgemiſchen). — Körper, welche die Wärme gut fortleiten, ſchmelzen (vorausgeſetzt, daß ihre Maſſen nicht bedeutend ſind) bey der zu ihrer Flüſſigwerdung nöthigen Erhitzung meiſtens **durch**

ihre ganze Maſſe (z. B. Bley); ſchlechte Wärmeleiter ſchmelzen nach und nach von Theil zu Theil (z. B. das Waſſer).

Bey den Körpern, welche durch mehrere Grade der Weichheit flüſſig werden, läßt ſich der Schmelzpunct nicht genau angeben; wohl aber haben ſie nothwendiger Weiſe bey derſelben Temperatur ſtets denſelben Grad der Flüſſigkeit. — Auch bey ganz flüſſigen Materien ſcheint der Grad der Flüſſigkeit (§. 477.) mit der Erhöhung der Temperatur zuzunehmen, z. B. beym Waſſer (S. Gilb. Ann. Bd. V. S. 160.).

§. 671. Da die Wärmethätigkeit in einem ſchmelzenden Körper verwendet wird, ihn flüſſig zu machen: ſo kann ſie nicht zugleich auch erwärmend wirken. Man ſagt dann: die Wärme wird gebunden (§. 626.). Man nennet ſie Flüſſigkeitswärme (auch latente Wärme). Wer ſich die Wärmethätigkeit als etwas Materielles (Wärmeſtoff) denket, kann ſich vorſtellen, ſie verbinde ſich mit der ſchmelzenden Materie, und löſe ſie in ſich auf. Daß ſolch eine Bindung der Wärme wirklich Statt finde, ſieht man ſchon aus folgender Erſcheinung. Wird in Schnee oder zerſtoßenes Eis ein Thermometer geſtellt, und Alles in ein warmes Zimmer gebracht: ſo ſchmilzt nach und nach das Eis; allein ſo lange nur noch ein Stückchen davon ſich in dem Waſſer befindet, zeigt das Thermometer immerfort auf 0°; erſt wenn das Eis ganz geſchmolzen iſt, wird das Waſſer nach und nach wärmer. Früher wurde nähmlich alle hinzugekommene Wärme verwendet, das Eis flüſſig zu machen. Ferner gibt 1 Pfund Eis von 0° C und 1 Pfund Waſſer von 75° C verbunden 2 Pfund Waſſer von 0°. Man ſieht daraus, daß die Eismaſſe, um geſchmolzen zu werden, gerade ſo viel Flüſſigkeitswärme mit ſich verbindet, als nöthig geweſen wäre, um ein gleiches Gewicht Waſſers von 0° auf 75° zu erwärmen.

Dieſe Flüſſigkeitswärme läßt ſich übrigens beſtimmen, wenn auch die Maſſen des heißen Waſſers und des geſchmolzenen Eiſes ungleich ſind. Nur wird, wenn das Gewicht des Eiſes kleiner iſt, als das des verwendeten Waſſers, das letztere weniger heiß ſeyn dürfen. Iſt es aber heißer, als gerade nöthig iſt: ſo wird die überſchüſſige

Wärme dem nun vereinigten Waſſer eine höhere Temperatur als die von 0° C ertheilen. Es iſt nicht ſchwer zu finden, welche. Allgemein läßt ſich der Vorgang folgender Weiſe ausdrücken. Wenn die Waſſermaſſe M die Temperatur T hat: ſo iſt die Wärmemenge, die dieſe Maſſe von 0° bis auf T erwärmt $= MT$. Hat nun, nach dem Schmelzen des Eiſes, das Ganze (mithin auch die frühere Waſſermaſſe) die Temperatur t: ſo iſt die jetzt in ihr wirkſame Wärmemenge $= Mt$, mithin hat ſie an Wärme verloren $MT - Mt = M(T - t)$. Da das Eis, deſſen Maſſe m die Temperatur 0° hatte, geſchmolzen und zugleich auf die Temperatnr t gebracht worden iſt: ſo mußte erſtens ſo viel Wärme ſich mit m verbinden, als zu dem Schmelzen nöthig war; dieſe, da ſie uns unbekannt iſt, heiße ganz allgemein x, in Beziehung auf die Maſſe m aber $mx$; denn je größer m iſt, deſto mehr Wärme wird dazu erfordert. Überdieß iſt ſo viel Wärme in die Maſſe m getreten, als nöthig war, ihr die Temperatur t zu geben, mithin die Wärmemenge $= mt$. Die Wärme, die das Eis aus dem Waſſer erhalten hat, iſt mithin $mx + mt$, und dieſe iſt gleich derjenigen, die das Waſſer verloren hat, mithin $mx + mt = M(T - t)$, woraus ſich dann ergibt $mx = M(T-t) - mt$, und mithin $x = \frac{M(T-t) - mt}{m}$. Ein Beyſpiel. Werden mit 2 Pfund Eis von 0° C 3 Pfund Waſſer von 60° C verbunden: ſo erhält man 5 Pfund Waſſer von 6° C. Man ſuche die Flüſſigkeitswärme x. Durch Subſtitution der Werthe findet ſich

$$x = \frac{3 \times 60 - 3 \times 6 - 2 \times 6}{2} = \frac{180 - 18 - 12}{2} = \frac{150}{2} = 75.$$

Auf ähnliche Weiſe hat man auch für andere Stoffe die Flüſſigkeitswärme gefunden; z. B. für Wachs = 97° 5, für Wallrath = 80°, für Zinn 277° 5 C.

Bereits im §. 660. iſt geſagt worden, daß die **Flüſſigkeitswärme** ja nicht mit der **ſpecifiſchen** zu verwechſeln ſey; dieß ſoll hier deutlicher gemacht, und an einem Beyſpiele erläutert werden. Die ſpecifiſche Wärme iſt (nach §. 652.) diejenige Menge von Wärmethätigkeit, die nöthig iſt, um einen Körper um ein Gewiſſes (z. B. um 1° C) zu **erwärmen**, und welche Menge bey verſchiedenen Körpern verſchieden iſt; die gebundene oder Flüſſigkeitswärme iſt diejenige Menge von Wärmethätigkeit, welche in dem flüſſigen Körper enthalten iſt, um ihm dieſe Aggregatform zu verſchaffen, **ohne ihn zu erwärmen**. Wenn 1 Pfund Waſſer von 75° C und 1 Pfund Eis von 0° C 2 Pfund Waſſer von 0° C geben: ſo iſt die ganze Wärme, die das Waſſer auf 75° C erwärmt hatte, **bloß zur**

Schmelzung des Eiſes verwendet worden, ſie ward gebunden, und bewirkte nun keine Erwärmung. Wäre das die ſpecifiſche Wärme: ſo wäre dieſe und mithin die Wärmecapacität des Eiſes = $1/_{75}$ = 0,0133, da ſie doch, wie im §. 660. iſt angemerkt worden, = 0,9 iſt, welches aus folgendem Verſuche erhellet. Wird 1 Pfund Waſſer von 90° C mit 1 Pfund Eis von — 10° C verbunden: ſo erhält man 2 Pfund Waſſer von 3° C. Hier hat das Waſſer an Temperatur 87° C verloren. Durch die an das Eis übergetretene Wärme mußte aber dreyerley bewirkt werden, nähmlich die Erwärmung desſelben von — 10° C auf 0° C, die Schmelzung des Eiſes, dann die Erwärmung des gewonnenen Waſſers von 0° auf 3° C. Zu der zweyten Wirkung wurde ſo viel Wärme verwendet, als das Waſſer nöthig hatte von 0° C auf 75° C erwärmt zu werden; zur dritten, ſo viel es nöthig hat, um 3° an Temperatur zu gewinnen, mithin bleibt nur noch eine Wärmemenge, die das Waſſer um 87° — 75° — 3° = 9° Grade zu erwärmen im Stande wäre. Das Eis aber wurde vor ſeiner Schmelzung von — 10° auf 0°, alſo um 10 Grade erwärmt, mithin iſt ſeine Wärmecapacität zu der des Waſſers, wie 9 : 10.

§. 672. Daß übrigens, wenn ein Körper ſchmelzen ſoll, den mit ihm in Berührung ſtehenden wärmern Körpern Wärme entzogen werden muß, daran ſieht man noch nichts Beſonderes; denn es verſteht ſich von ſelbſt. Allein Abkühlung durch Schmelzung kann auch Statt finden, wenn von zwey einander berührenden Körpern, welche einerley Temperatur haben, durch ihre gegenſeitige Einwirkung entweder der eine oder beyde gezwungen werden, den Zuſtand der Flüſſigkeit anzunehmen. So z. B. entſteht eine bedeutende Abkühlung, wenn zerſtoßene Salzkryſtalle (etwa Kochſalz, Salmiak, Salpeter) im Waſſer aufgelöſet werden; hier wird eine der Materien flüſſig. Eine noch größere Kälte wird erzeugt, wenn gepülverte Salzkryſtalle mit Schnee oder zerſtoßenem Eiſe gemengt werden. Beyde Materien haben das Streben, eine Vereinigung einzugehen; dieſe aber iſt nur möglich, wenn beyde ſchmelzen. Dazu nun wird ſowohl ein Theil ihrer eigenen freyen Wärme verwendet und mithin gebunden, theils wird ſie den Umgebungen entzogen.

Verſuche. Wenn Schnee in rauchende Salpeterſäure oder in verdünnte Schwefelſäure gethan wird: entſteht eine bedeutende Kälte;

indem der Schnee, um ſich mit den Säuren verbinden zu können, ſchnell flüſſig wird, und daher Wärme bindet. Wird dieſe Miſchung in einem Trinkglaſe vorgenommen, und dieſes in eine größere Menge kalten Waſſers gehalten: ſo ſetzet ſich an die äußern Wände Eis an. Eben ſo wird Waſſer zum Gefrieren gebracht, wenn es in ein Gefäß mit dünnen Wänden gethan, und dieſes in die oben genannte oder eine andere kaltmachende Miſchung gebracht wird. Beträchtliche Kälte entſteht durch eine Miſchung von Schnee und Kochſalz; von Schnee, Kochſalz und Salmiak; — von Schnee und ſalzſaurer Kalkerde, beſonders durch die letztere. Als das beſte Miſchungsverhältniß iſt befunden worden: 2 Theile Schnee zu 3 Theilen ſalzſauren Kalkes. Iſt die Temperatur der Materien vor der Miſchung = 0°, ſo ſinkt ſie nach der Miſchung auf — 45° C. — Beyſpiele von Abkühlung durch Auflöſung von Salzkryſtallen in tropfbar flüſſigen Materien ſind: Salmiak, Salpeter, Waſſer; Salmiak, Salpeter, Glauberſalz, Waſſer; — Glauberſalz und verdünnte Salpeterſäure; — Glauberſalz und Salzſäure, u. d. m. Im Anhange findet man eine Tafel über verſchiedene kaltmachende Miſchungen und die wirkſamſten Miſchungsverhältniſſe der Materien.

Je kälter die Materien vor der Miſchung ſind, deſto kälter wird natürlicher Weiſe die Miſchung; man kann daher, um große Kälte hervorzubringen, die Materien früher in einem dünnen Gefäße in kaltmachende Miſchungen tauchen, um ſie zu erkälten. Ferner muß man friſch kryſtalliſirte Salze zu den Miſchungen nehmen, ſie kurz vor der Anwendung pülvern, und die Mengung muß ſchnell vor ſich gehen. So einer Miſchung aus Salz und zerſtoßenem Eiſe bedient man ſich bekanntlich auch bey der Bereitung des Gefrorenen.

§. 673. Werden geſchmolzene Körper einer Temperatur ausgeſetzt, welche tiefer iſt als ihr Schmelzpunct: ſo werden ſie nothwendiger Weiſe feſt. So wie der Schmelzpunct, ſo iſt natürlicher Weiſe auch der Gefrierpunct verſchieden bey verſchiedenen Flüſſigkeiten. Diejenigen, welche, um flüſſig zu werden, mehrere Grade der Weichheit durchgegangen ſind, gehen dieſe Grade auch durch beym Feſtwerden. Es iſt merkwürdig, daß das Waſſer, wenn es in einem leicht zugedeckten Glaſe (z. B. mit einer Schichte Öhl bedeckt) ruhig ſteht, mehrere Grade unter 0° kalt werden kann, ehe es gefriert.

Beſteht eine Flüſſigkeit aus zweyen von verſchiedener Gefrierbarkeit:

ſo können ſie durch das Gefrieren getrennet werden. So z. B. gefriert im Branntweine der wäſſerige Antheil; die zurückgebliebene Flüſſigkeit iſt geiſtiger. Auf demſelben Grunde beruht die Concentrirung des Weines, ſchwachen Eſſiges, der Citronenſäure ꝛc.

§. 674. Geht die flüſſige Materie langſam in den Zuſtand der Feſtigkeit über: ſo nimmt ſie in ihrem Innern ein beſtimmtes, oft deutlich erſcheinendes Gefüge (§. 483.) an. Auch dort, wo es unſern Sinnen ſich unmittelbar nicht offenbart, kann deſſen Daſeyn daraus gefolgert werden, weil jeder feſte Körper (wenn er ſpröde genug iſt, um zerſchlagen zu werden) einen beſtimmten Bruch zeigt (§. 487.). Iſt er dehnbar: ſo wird beym Zerreißen desſelben das Gefüge zerſtört. Der feſtwerdende Körper kryſtalliſirt demnach immer im weitern Sinne dieſes Wortes. Viele Materien nehmen beym Feſtwerden auch eine regelmäßige äußere Geſtalt an, und bilden demnach eigentliche Kryſtalle (§. 483.). Von der Raumerweiterung, die beym Kryſtalliſiren mancher Körper Statt findet, iſt ſchon geſprochen worden (§. 661.).

Im Eiſe beobachtet man kleinere und größere Blaſen. Man ſchreibt ſie der Luft zu, die in dem Waſſer ſich befand und beym Feſtwerden desſelben ſich getrennet hat. Man hat indeſſen auch im Eiſe aus wohl ausgekochtem Waſſer dergleichen Blaſen beobachtet, und ſie Dämpfen zugeſchrieben, welche ſich durch die beym Gefrieren des Waſſers frey werdende Wärme entbänden.

§. 675. So wie freye Wärme gebunden wird, wenn ein feſter Körper in den Zuſtand der Flüſſigkeit übergeht: ſo wird umgekehrt die gebundene Wärme frey, wenn ein tropfbar Flüſſiges feſt wird; es bedarf nun nicht mehr desjenigen Antheils gebundener Wärme, der früher nöthig war, um es flüſſig zu machen. Dieſes zeigt ſich auffallend, wenn durch die Wirkung irgend einer Verwandtſchaft ein Flüſſiges ſich mit einem feſten Körper ſo verbindet, daß es gezwungen wird, den Zuſtand der Feſtigkeit ſchnell anzunehmen. So z. B. entſteht bekanntlich eine bedeutende Erhitzung, wenn auf gebrannten Kalk Waſſer gegoſſen wird; ein Theil dieſes Waſſers wird eingeſaugt, verbin-

det ſich ſchnell mit der Kalkerde und erſcheint in dem Zuſtande der Feſtigkeit. Wird ruhiges Waſſer (worein ein Thermometer getaucht worden iſt) unter 0° erkältet (§. 673.): und nachher etwas geſchüttelt: ſo gefriert es ſchnell, und das Thermometer ſteigt auf 0°.

Bereits im §. 485. iſt geſagt worden, daß viele Salzkryſtalle eine gewiſſe Menge Waſſers im feſten Zuſtande enthalten, und daß manche derſelben ihr Kryſtallwaſſer ſchon bey mäßiger Wärme in einer ziemlich trockenen Luft verlieren. Sie zerfallen dann in ein Pulver. Werden ſolche zerfallene Salze in Waſſer gethan: ſo zeigt ein darein verſenktes Thermometer eine Erhöhung der Temperatur, indem nun wieder ein Theil des Waſſers in Kryſtallwaſſer verwandelt, mithin feſt wird. — Soll der Verſuch gelingen, ſo muß nicht zu viel Waſſer genommen werden. Denn hat einmahl das Salz ſein Kryſtallwaſſer, und fängt dann an, ſich in dem noch überflüſſigen Waſſer aufzulöſen: ſo entſteht (nach §. 672.) eine Abkühlung. — Salze, die zu derley Verſuchen taugen, ſind: zerfallenes Glauberſalz, gebrannter Alaun, gebrannter Borax, zerfallenes Bitterſalz u. d. m. Alle geſchmolzenen Körper, welche langſam feſt werden, erkalten auch langſam, z. B. Wachs, Talg u. d. m.

### B. Bildung der Dämpfe oder Dünſte.

§. 676. Sowohl tropfbar flüſſige Materien als feſte Körper können (wie ſchon die gemeine Erfahrung lehrt) mittelſt der Wärme in den Zuſtand ausdehnſamer Flüſſigkeiten verſetzt werden. Man nennet ſie dann **Dämpfe** oder **Dünſte**, welche beyde Benennungen wir (um jeden Streit über Worte zu vermeiden) hier als gleichbedeutend nehmen. Sie haben eine oft bedeutende Elaſticität, die durch Erhitzung auf einen ungeheuren Grad geſteigert werden kann. Welchen Unterſchied man aber zwiſchen **Dämpfen** und **Luftarten** ſonſt gemacht habe, und, der Bequemlichkeit wegen, noch immer machen könne, iſt bereits im §. 396. gemeldet worden. Auch verſteht ſich von ſelbſt, daß Alles dasjenige, was von den Erſcheinungen der ausdehnſamen Flüſſigkeiten überhaupt (von §. 395. bis §. 465.) iſt gelehrt worden, auf den Dampf, ſo lange er wirklich Dampf iſt, müſſe angewendet werden. Der Gegenſtand der nachfolgenden Betrachtungen iſt: die **Bildung** und **Zerſetzung** der Dämpfe,

die bey der Bildung derſelben Statt findende Bindung der Wärme, die von der Temperatur abhängige Dichte und Spannkraft derſelben und die mit alle dem in Verbindung ſtehenden Erſcheinungen.

Man könnte wohl immerhin fortfahren, diejenigen ausdehnſamen Flüſſigkeiten mit dem Nahmen Gas zu bezeichnen, die bey bleibender Temperatur einem ſehr ſtarken Drucke widerſtehen; Dämpfe oder Dünſte aber diejenigen, die durch jeden vermehrten Druck einen Theil der Ausdehnſamkeit verlierten, wie ſpäter dargethan wird. Über die Bedeutung von Dampf und Dunſt iſt aber der Sprachgebrauch nicht hinlänglich entſcheidend. Die allmähliche Verwandlung des tropfbaren Waſſers in ausdehnſames nennet man gewöhnlich Verdünſtung; dagegen ſpricht niemand von Dunſtmaſchinen, ſondern von Dampfmaſchinen. —

## Allgemeines.

§. 677. Oft iſt der Übergang einer tropfbaren Flüſſigkeit in den Zuſtand der Ausdehnſamkeit verbunden mit derjenigen Erſcheinung, die man das Sieden oder Kochen heißt. Wir wollen hier vor allem andern von dieſer ſprechen; und ſie zugleich genauer beſtimmen. Man verſteht nähmlich unter Sieden diejenige Verwandlung einer tropfbaren Flüſſigkeit in Dampf, bey welcher nicht nur auf der Oberfläche, ſondern auch, und vorzüglich, in dem Innern derſelben Dämpfe gebildet werden. Die einzelnen Erſcheinungen beym Sieden des Waſſers ſind folgende. Wird dem Waſſer Wärme zugeführt (wird es z. B. in einem Gefäße über eine Weingeiſtlampe geſetzt): ſo zeigt ein darein getauchtes Thermometer, daß deſſen Temperatur immer ſteigt. So kann es von 0° bis beynahe 100° der Centiſimalſcale (oder bis 80° R.) erwärmt werden. Während deſſen ſteigen große und kleine Blaſen auf, meiſt von der Stelle, welche erhitzt wird. Kommen ſie an die Oberfläche, ſo verſchwinden ſie in der Luft. Sie werden immer häufiger, je mehr ſich das Waſſer der Temperatur 100° C nähert; dieſes wird dadurch getrübt, ſein ganzes Innere iſt in Bewegung, die man wallende Bewegung nennt, und man ſagt nun, es ſiede. Die Temperatur iſt jetzt 100° C, und bleibt ſo, mag das Feuer

wie immer verſtärket werden. Die zuerſt aufſteigenden Blaſen ſind Luftblaſen, indem im Waſſer immer etwas Luft enthalten iſt. Die ſpätern, häufigern Blaſen ſind Dämpfe, d. h. Waſſertheile, welche durch Wärme ausdehnſam flüſſig geworden ſind. Sie haben die ihrer Temperatur entſprechende Elaſticität. — Ähnliche Erſcheinungen beobachtet man auch bey anderen tropfbaren Flüſſigkeiten; nur daß der Siedepunct bey manchen höher, bey andern tiefer iſt. Von dem Einfluſſe des Gefäßes auf den Siedepunct iſt bereits gelegenheitlich (§. 635.) geſprochen worden.

Beyſpiele von tropfbar flüſſigen Materien, deren Siedepunct verſchieden iſt: Äther ſiedet bey 35°,6 C., Alkohol bey + 80°, Queckſilber bey + 352°, Leinöhl bey + 315° ꝛc. Daß eine Flüſſigkeit in Verbindung mit einer andern von höherem Siedepuncte nun auch erſt bey einer ſtärkern Erhitzung ſiede, iſt leicht begreiflich. Merkwürdig iſt die Erſcheinung, daß eine Flüſſigkeit bey einer Temperatur, die unter ihrem Siedepunct iſt, ins Sieden kommt, wenn ein poröſer Körper (z. B. ein Stück weiches Holz) oder ein Pulver ſich darin befindet. —

§. 678. Der Druck der Atmoſphäre iſt dem Sieden ein Hinderniß. Der Grund davon iſt nicht ſchwer zu begreifen. Die Atmoſphäre drückt auf die Oberfläche des Waſſers; jede Schichte des Waſſers drückt auf die unter ihr liegende. Bilden ſich nun in einer dieſer Schichten Dampfbläschen: ſo müſſen dieſe ſowohl den Druck des über ihnen liegenden Waſſers, als auch den der Atmoſphäre erleiden; je größer demnach dieſer Druck, deſto mehr Wärme iſt nöthig, um dem im Innern ſich bildenden Dampfe die zur Überwindung des Druckes nöthige Expanſivkraft zu verleihen, deſto heißer muß alſo das Tropfbarflüſſige werden, ehe es ſiedet. Daher auch bey Beſtimmung des Siedepunctes am Thermometer die Größe des Druckes der Atmoſphäre und demnach der Barometerſtand wohl zu berückſichtigen iſt (§. 635.). Im luftverdünnten Raume ſiedet eben darum jedes Tropfbarflüſſige, z. B. das Waſſer bey tieferer Temperatur als in freyer Luft. In dem ſogenannten Pulshammer (einer möglichſt von Luft freyen Kugel) kommt das Waſſer in Wallung ſchon durch die Wärme der Hand. Äther ſiedet unter

dem Recipienten der Luftpumpe (nachdem die Luft darin iſt verdünnet worden) bey der gewöhnlichen Temperatur unſerer Wohnzimmer, ja ſogar bey 0°. Auch iſt aus dem Geſagten begreiflich, warum in einem etwas tiefern Gefäße das ſiedende Waſſer in der Nähe des Bodens etwas heißer iſt, als in der Nähe der Oberfläche, wie gelegenheitlich ſchon (§. 635. Zuſ.) iſt angemerkt worden; dort nähmlich hat die Expanſivkraft des Dampfes den Druck einer höheren Waſſerſäule zu überwinden.

In höhern Gegenden der Atmoſphäre ſieden daher die tropfbaren Flüſſigkeiten bey einer niedrigern Temperatur, als in den tiefern Gegenden. Beobachtungen zu Folge fand ſich der Siedepunct des Waſſers auf dem Montblanc = 86°,5 C, auf dem Pic von Teneriffa = 88°,7, in Quito = 90°,1, in Mexico = 92°,3, auf dem St. Bernhard im Hoſpiz = 92°,25. Man hat darauf eine Methode gegründet, die Höhen mittelſt des Thermometers zu meſſen, welches in ſiedendes Waſſer getaucht wird. Zu dieſer Methode iſt ein ſehr empfindliches Thermometer, das ſchon $^1/_{1000}$ Grad anzeigt, nothwendig. Der ganze hinzu dienende Apparat (nähmlich Weingeiſtlampe, Gefäß für Waſſer und für Weingeiſt, mehrere Thermometer, Mikroſcop ꝛc.) heißt Hypſometer. — Auf dieſen §. 678. gründet ſich auch die Anwendung der Luftpumpe bey manchen techniſchen Operationen, wo eine ſchnelle Entwicklung der Dämpfe durch weniges Brennmaterial gewünſcht wird.

§. 679. Wie in einem offenen Gefäße der Druck der Atmoſphäre dem Sieden ein Hinderniß iſt, ſo iſt es in einem verſchloſſenen Gefäße der Druck der ſchon gebildeten Dämpfe. — In einem ſolchen Gefäße kann demnach die ſiedende Flüſſigkeit eine viel höhere Temperatur annehmen, wie z. B. in dem Papiniſchen Digeſtor, und den ihm ähnlichen Kochgefäßen. Sollen dergleichen Apparate nicht gefährlich werden, müſſen ſie mit Sicherheitsventilen verſehen ſeyn. Wie übrigens die Expanſivkraft der verſchloſſenen Dämpfe mit der Temperatur zunehme, wird erſt ſpäter betrachtet werden.

Ein intereſſanter Verſuch. Man füllt eine ſogenannte Florentiner Flaſche oder einen Kolben etwa zur Hälfte mit Waſſer, läßt dieſes einige Minuten lang recht lebhaft kochen, und verſchließet

dann den Hals der Flaſche luftdicht und ſo ſchnell als möglich. — Man kann zu dieſem Behufe ſie mit einem gut paſſenden Korkpfropfen zuſtopfen und über den Propfen eine naſſe Binde binden, oder mit einem Kitte ſchnell und hinreichend umlegen. — Über dem Waſſer befindet ſich nun bloß Waſſerdampf, denn die Luft iſt durch die Dämpfe vertrieben worden. Wird jetzt die Flaſche von der Lampe weggenommen: ſo hört das Waſſer allmählich auf zu ſieden. Wird aber, nachdem das Sieden ganz aufgehört hat, der obere Theil der Flaſche abgekühlt, indem man z. B. ein in kaltes Waſſer getauchtes Tuch darauf legt: ſo fängt das Waſſer neuerdings an zu ſieden. Durch Abkühlung dieſes Theiles der Flaſche kühlen ſich nähmlich auch die Dämpfe ab; ſie verwandeln ſich in tropfbares Waſſer, und mithin erleidet die Oberfläche des noch immer bedeutend warmen Waſſers einen nur unbeträchtlichen Druck; es ſiedet demnach ſo lange, bis ſich wieder neue Dämpfe bilden, und theils der ſo vermehrte Druck, theils die Herabſetzung der Temperatur dem Sieden ein Ende macht. Wird dagegen heißes Waſſer auf den obern Theil der Flaſche angebracht: ſo hört das Sieden ſchnell auf, indem die vermehrte Elaſticität der Dämpfe den Druck derſelben auf das Waſſer vergrößert.

Papins Digeſtor. Die Hauptſache an dieſem von ſeinem Erfinder alſo genannten Gefäße, welches aber ſeitdem manche Änderungen erhalten hat, iſt, daß es luftdicht verſchloſſen werde, welches mittelſt eines genau ſchließenden Deckels geſchieht, der durch Klemmſchrauben befeſtigt wird, wie die Zeichnung 107. andeutet, obgleich es auch andere Einrichtungen hat. Um die Gefahr des Zerſpringens zu vermeiden, wird der Apparat mit einem Ventile v verſehen, welches durch aufgelegte Gewichte ſich mehr oder weniger beſchweren läßt. In einem ſolchen Topfe laſſen ſich Körper erweichen, die bey der gewöhnlichen Siedehitze vom Waſſer nicht angegriffen werden. Knochen z. B. werden hier von den erhitzten Dämpfen durchdrungen, die Gallerte wird erweicht und herausgetrieben; ſie verlieren demnach ihren Zuſammenhang und werden ganz mürbe. Man hat ſich dieſer Vorrichtung bedient, um kräftige Brühen und Gallerten aus thieriſchen Subſtanzen zu bereiten. — Man hat auch die Einrichtung, daß das Sicherheitsventil v mittelſt eines Hebels angedrückt wird, an welchem ein Laufgewicht g verſchiebbar iſt. Soll zugleich die Temperatur des Waſſers beobachtet werden: ſo muß durch den Deckel ein Thermometer luftdicht eingepaßt ſeyn. Will man von der ſiedenden Flüſſigkeit etwas ablaſſen, ehe man die ganze Operation endet: ſo iſt auch unten ein Hahn h nothwendig.

Mancherley in Vorſchlag gebrachte Kochtöpfe beruhen auf demſelben Grunde.

Gelegenheitlich ſoll hier als ein Beyſpiel der bedeutenden Spannkraft heißer Dämpfe die Erſcheinung der Dampfkugel angeführt werden, eines einfachen Apparates, der, nach Vitruv, ſchon im Alterthume bekannt war. Er beſteht aus einer Kugel, am beſten von ſtarkem Kupfer, woran ſich ein fein durchbohrtes Röhrchen befindet. Wird die Kugel erhitzt, das Röhrchen ins Waſſer getaucht: ſo dringt eine Quantität des letztern nach Erkühlung der Kugel in dieſelbe. Wird nun die Kugel über eine Lampe geſetzt, und das Waſſer zum Sieden gebracht: ſo ſtrömet der Waſſerdampf mit Gewalt heraus. Iſt das Röhrchen nach einer Seite gekrümmt, und hat die Kugel die Einrichtung, daß ſie zwiſchen zwey Spitzen beweglich geſtellt werden kann: ſo dreht ſie ſich, wie Segners Maſchine (§. 340. Zuſ.) um ihre Axe.

§. 680. Bindung und Freywerdung der Wärme. Aus der Erſcheinung, daß die ſiedende Flüſſigkeit nicht über ihren Siedepunct erhitzt werden kann, ſieht man, daß alle ihr zugeführte Wärme zur Bildung der Dämpfe verwendet, mithin (wie bey der Schmelzung) gebunden werde. Denkt man ſich nun die Urſache der Wärme als etwas Materielles: ſo muß man ſich den Dampf als ein aus zwey Beſtandtheilen Zuſammengeſetztes vorſtellen, nähmlich aus irgend einer an ſich nicht ausdehnſamen Materie (z. B. Waſſer, Alkohol, Schwefel), und aus dem Wärmeſtoffe, der, durch ſeine Verbindung mit ihr, ſie ausdehnſam macht. Jene Materie nennet man dann die wägbare Grundlage des Dampfes, den Wärmeſtoff aber die fortleitende Flüſſigkeit. Werden dagegen die beym Sieden ſich bildenden Dämpfe abgekühlt: ſo verliert ein Theil derſelben die Ausdehnſamkeit und wird wieder tropfbarflüſſig. So z. B. wenn über kochendes Waſſer eine kalte Glasſcheibe oder Metallplatte gehalten wird, ſetzen ſich Waſſertröpfchen daran. Man nennt dieſen Vorgang Zerſetzung der Dämpfe. — Auch Dämpfe feſter Körper werden durch Kälte zerſetzt. Hält man jene kalte Platte über erhitzten dampfenden Kampfer: ſo ſetzen ſich Kampfertheilchen daran. — Nothwendiger Weiſe muß die bey der Bildung der Dämpfe

gebundene Wärme bey der Zerſetzung derſelben frey werden. Auch wird jene über ſiedendes Waſſer gehaltene Platte bedeutend heiß.

§. 681. Auf dieſer Bindung der Wärme beym Sieden, ſo wie auf der Entbindung derſelben bey der Zerſetzung der Dämpfe beruhen ſehr viele Erſcheinungen; auch werden davon vielfältige Anwendungen gemacht. So z. B. erklärt ſich, warum ein Gefäß, worin Waſſer kocht, nicht viel über 100° C erhitzt werde, weßhalb in einem zinnernen Gefäße Waſſer kochen kann, ohne daß das Gefäß ſchmilzt. Darauf beruht die Methode, eine Flüſſigkeit, die nicht über 100° C erhitzt werden ſoll, in ſiedendem Waſſer zu erhitzen. Auf der Zerſetzung der Dämpfe durch Abkühlung gründen ſich ferner zwey Operationen, deren ſich beſonders der Chemiker zu mannigfaltigen Zwecken häufig bedient. Sie beſtehen darin, daß irgend ein Körper in einem verſchloſſenen Gefäße durch Anwendung des Feuers in Dämpfe verwandelt wird, dieſe Dämpfe mittelſt einer (mehr einfachen oder zuſammengeſetzten) Vorrichtung gezwungen werden, ſich auf einen kühlern Ort zu begeben, wo ſie ihre Wärme abſetzen, und ſo die Form des Dampfes verlieren. Der auf dieſe Weiſe zerſetzte Dampf erſcheint nun entweder tropfbar flüſſig, oder feſt (nähmlich in Geſtalt feiner Theilchen, wie der Kampfer in dem oben angeführten Beyſpiele). Im erſtern Falle nennt man die Operation eine Deſtillation, im zweyten eine Sublimation. Man bedient ſich der Deſtillation und Sublimation, um Stoffe, die eine verſchiedene Flüchtigkeit haben, von einander zu trennen. So trennet man das Waſſer von den Salzen und Erden, die darin aufgelöſet ſind, und erhält auf dieſe Weiſe reines (deſtillirtes) Waſſer; ſo trennt man den Weingeiſt (als die flüchtigere Materie) von den wäſſerigeren Theilen; ſo reiniget man den Schwefel, der ſich in Geſtalt eines Pulvers ſublimirt, und im Handel unter dem Nahmen der Schwefelblumen vorkommt u. d. m.

Man hat zu dieſen Operationen verſchiedene Apparate ausgeſonnen, welche nach der Verſchiedenheit der zu behandelnden Materien und

nach den verſchiedenen Zwecken der Operation auch eine verſchiedene Einrichtung haben.

§. 682. Größe der latenten Wärme beym Dampfe einer siedenden Flüſſigkeit — Es iſt allerdings eine Frage von Wichtigkeit, wie viel Wärme beym Sieden der Flüſſigkeiten, beſonders des Waſſers, gebunden werde. Vielen Verſuchen zu Folge enthält 1 Pfund ſiedendheißen Waſſerdampfes ſo viel gebundene Wärme, als hinreichen würde, um mehr als 5 Pfund (etwa 5,4 Pfund) eiskaltes Waſſer bis zur Siedhitze zu erwärmen. Denn 1 Pfund Waſſerdampf von 100° C und 5,4 Pfund Waſſer von 0° C geben vereinigt 6,4 Pfund Waſſer von 0° C. Mithin wäre die Wärme, welche nöthig iſt eine Quantität ſiedheißen Waſſers in Dampf zu verwandeln, auch im Stande, dieſelbe Quantität Waſſer noch um 540° C, alſo bis auf 640° C zu erhitzen, wenn das Waſſer bey Temperaturen über 100° C noch tropfbar bleiben könnte. Verſuche darüber ſind übrigens nicht ohne Schwierigkeit, daher die hier angegebene Größe nur eine annähernde iſt. Im Dampfe von 100° C iſt alſo die gebundene Wärme = 540° C, die freye = 100°, die ſämmtliche Wärme = 640° C.

Angabe der Verſuche. Sie ſind, ihrer Wichtigkeit wegen, von verſchiedenen Phyſikern auf verſchiedene Weiſe angeſtellt worden. Am zweckdienlichſten dürfte wohl das Verfahren ſeyn, welches mit dem zu Erforſchung der Flüſſigkeitswärme (§. 671. Zuſ.) angewendeten dem Weſen nach dasſelbe iſt. Wie dort durch eine beſtimmte Waſſermenge von irgend einer Temperatur eine gewiſſe Menge Eis geſchmolzen wurde: ſo wird hier durch eine beſtimmte Menge ſiedendheißen Dampfes eine beſtimmte Waſſermenge von irgend einer Temperatur erwärmt. Daher gilt auch dem Weſen nach dieſelbe dort angeführte Formel. — Unter den dazu angewendeten Apparaten ſcheint der von Despretz angewendete vorzugsweiſe einer Anführung würdig zu ſeyn. Er iſt in der Zeichn. 108. abgebildet. In dem Gefäße A wird das Waſſer zum Sieden gebracht, die Dämpfe werden durch die Röhre R in die aus dünnem Kupfer verfertigte Schlangenröhre ss geleitet, welche ſich in einem gleichfalls kupfernen Gefäße B befindet, und mit Kühlwaſſer umgeben iſt. Die Dämpfe verlieren in der Schlangenröhre ihre Wärme und verwandeln ſich in tropfbares Waſſer; zugleich wird das Kühl-

waſſer erwärmt. Bekannt muß ſeyn das Gewicht des Kupfergefäßes B, das Gewicht des zu erwärmenden Waſſers, das Gewicht des Waſſers, welches aus den Dämpfen ſich niederſchlägt, dann die Temperatur des erwärmten Waſſers vor und nach dem Verſuche. Um die Einwirkung des Gefäßes A auf B zu verhüthen, dient ein Schirm Z z; zur Beſtimmung der Temperatur des Dampfes das Thermometer q. Ein beſtimmter Verſuch mag als Beyſpiel dienen. Das kalte Waſſer wog 15956,3 Grammen, das Kupfer des Gefäßes B ſammt Schlangenröhre 3107,3 Gr. Da nun die ſpecifiſche Wärme des Kupfers = 0,095 iſt: ſo kann ſtatt des Kupfers geſetzt werden eine Waſſermenge von 294,88 Gr. Mithin wird in der Rechnung angeſetzt das Gewicht des Waſſers = 16251,18 Grammen. Seine Temperatur war 22° C. Das Gewicht des ſiedendheißen Dampfes, mithin von der Temperatur 100° C, oder, was daſſelbe iſt, das Gewicht des aus dem Dampfe tropfbar gewordenen Waſſers war = 204,8 Gr. Endlich die Temperatur, die nach dem Verſuche ſowohl das Waſſer in dem Gefäße B, als das Gefäß ſelbſt und das aus dem Dampfe niedergeſchlagene Waſſer hatte, war = 29°,28 C. Nennt man nun die Maſſe des zu erwärmenden Waſſers (ſammt dem Kupfergefäße) M, ſeine vorige Temperatur T, und die jetzige $\tau$: ſo iſt im Waſſer der Gewinn an Wärme = $M(\tau - T)$. Nennt man die Maſſe des heißen Dampfes m, ſeine vorige Temperatur t, ſeine jetzige im tropfbaren Zuſtande $\tau$, ſo iſt ſein Verluſt an Wärme $m(t - \tau)$. Aber nicht bloß dieſe verlorne freye Wärme wurde verwendet zur Erwärmung der Maſſe M, ſondern auch diejenige Wärme $mx$, welche der Waſſermaſſe m die Dampfform verliehen hatte. Es muß mithin die Gleichnung Statt finden $mx + m(t - \tau) = M(\tau - T)$, woraus ſich ergibt, daß $x = \frac{M(\tau - T) - m(t - \tau)}{m}$. Subſtituirt man aus dem angeführten Verſuche die Werthe: ſo iſt $x = 530°,9$. Indeß fand aus mehreren Verſuchen Despretz im Mittel $x = 640°$. — Auf ähnliche Weiſe beſtimmte er die latente Wärme für Alkoholdampf = 331,9, für Schwefelätherdampf = 174,5, für den aus Terpentingeiſt = 166,2.

Wenn man durch 1 Pfund Dampf von 100° im Stande iſt 5,4 Pfund Waſſers von 0° auf 100° C zu erwärmen, iſt die Frage, wie viel Dampf würde man brauchen, um eine beliebige Waſſermenge M von irgend einer Temperatur T auf irgend eine andere $\tau$ zu erwärmen. Um dieſes zu finden, iſt nur aus der obigen Gleichung $mx + m(t - \tau) = M(\tau - T)$ der Werth von m zu ſuchen; denn x iſt = 540, und die übrigen Größen ſind angegeben.

Oben (§. 679. Zuſ.) iſt geſagt worden, daß im Papiniſchen Digeſtor das Waſſer eine viel höhere Temperatur als die von 100° C erhalten könne. Wird aber das Ventil geöffnet: ſo ſinkt das Waſſer augenblicklich auf 100° C, zugleich entweicht ein Theil des Waſſers als Dampf. War die Temperatur des Waſſers etwa 208° C: ſo entweicht nahe der fünfte Theil desſelben als Dampf, und das übrige Waſſer fällt auf 100° C.

Wichtig (beſonders in Beziehung auf Anwendungen) iſt die Frage über die Menge der latenten Wärme bey verſchiedenen Temperaturen des Dampfes. Die Gränzen dieſes Werkes geſtatten keine ausführliche Erörterung; es muß daher genügen, hier bloß das Reſultat der Forſchungen anzugeben, nähmlich, daß die Summe der Verdünſtungs- und der freyen Wärme bey allen Temperaturen des Dampfes dieſelbe ſey. Von der zu einem im abgeſperrten Raume ſiedenden Waſſer neu hinzukommenden Wärme wird nähmlich ein Theil zur Vermehrung des Dampfes (mithin auch ſeiner Dichte), ein Theil zur Erhöhung ſeiner Temperatur verwendet. Iſt mithin die Temperaturswärme = 100° C: ſo iſt die Verdünſtungswärme 540° C, die Summe von beyden = 640° C. Bey folgenden Temperaturen haben dann beyde Wärmen folgende Größen: bey 0° C = 0° + 640°, bey 100° = 100° + 540°, bey 200° = 200° + 440° u. ſ. w., mithin bey 600° = 600° + 40, bey 640° ſelbſt = 640° + 0°. Die Verdünſtungswärme wäre hier alſo 0°, d. h. bey dieſer Temperatur würde kein Dampf mehr Statt finden, ſondern bloß ſtark ausgedehntes Waſſer.

§. 683. **Dampfbildung bey Temperaturen unter der Siedhitze.** Jedermann weiß, daß Waſſer, welches in einer Schüſſel der freyen Luft ausgeſetzt wird, nach und nach ſich vermindert, bis es ganz verſchwunden iſt; dasſelbe geſchieht mit andern Flüſſigkeiten, z. B. mit Weingeiſt. Zur Umwandlung tropfbar flüſſiger Materien in Dämpfe iſt es daher nicht nothwendig, daß ſie **ſieden**. Sie gehen auch bey Temperaturen, die weit tiefer ſind als ihre Siedepuncte, in ausdehnſame Flüſſigkeiten über. Man nennet dieſe Dampfbildung die **allmähliche Verdünſtung**; — ſie iſt von der beym Sieden Statt findenden nur darin unterſchieden, daß bey ihr die Dämpfe oder Dünſte **bloß an der Oberfläche**, beym Sieden aber auch **im Innern der Flüſſigkeit** ſich bilden

(§. 677.). Die Urſache der allmählichen Verdünſtung iſt gleichfalls die Wärme. Sie wecket in den Materien das Beſtreben, ausdehnſam flüſſig zu ſeyn. Dieſem Beſtreben entgegen wirken der Zuſammenhang und die Schwere, aber keinesweges der Druck der Atmoſphäre. Die Temperatur, bey der die Wirkung der Wärme mit den ihr entgegengeſetzten Kräften im Gleichgewichte iſt, heißt die Gränztemperatur. — Die allmähliche Verdünſtung hat auch Statt bey feſten Körpern, z. B. beym Kampfer und ähnlichen riechenden Subſtanzen, ohne daß ſie früher tropfbar flüſſig werden, wenigſtens nicht wahrnehmbar. Selbſt Eis und Schnee nimmt ab durch Verdünſtung bey ſehr tiefen Temperaturen, wie ſchon längſt bekannt iſt.

Daß übrigens die eben erwähnte Gränztemperatur nicht bey allen Körpern dieſelbe ſey, und von der ſpeciellen Natur der Körper bedingt werde, iſt nicht nur zu erwarten, ſondern wird auch durch die Erfahrung beſtätigt. Beſonders hat Faraday darüber ſchätzbare Verſuche angeſtellt. Früher war man ziemlich allgemein der Meinung, daß verdünſtbare Körper bey jeder Temperatur verdünſten. Queckſilber iſt fix unter 5° R; daher der luftleere Raum im Barometer auch als dampfleerer zu betrachten iſt.

§. 684. Auch die Dünſte, die unter der Siedhitze entſtehen, haben (nach §. 683.) Wärme nöthig zu ihrer Bildung; ſie müſſen demnach gleichfalls gedacht werden als beſtehend aus einer wägbaren Grundlage und dem Wärmeſtoffe, wenn man den letzteren als materiell ſich vorſtellt. Auch bey der Bildung dieſer Dünſte muß daher Wärme gebunden werden, und mithin unter den Umgebungen Erkältung entſtehen, die deſto erheblicher iſt, je ſchneller die Verdünſtung vorgehet. Daher das Gefühl von Kälte, wenn man die Hand mit Waſſer, noch mehr, wenn man ſie mit Weingeiſt oder Äther netzt; daher das Gefühl von Kälte beym Ausſteigen aus dem Bade, die Abkühlung der Luft durch Regen, oder durch Aufſpritzen von Waſſer, die bedeutende Abkühlung durch naſſe Kleider u. d. m. — So ſinkt das Queckſilber eines Thermometers, deſſen Kugel mit Weingeiſt iſt befeuchtet worden, beſonders wenn man dasſelbe in der Luft bewegt, wodurch die Verdünſtung befördert wird. —

Ferner wird auch der unter dem Siedepuncte ſich gebildete Dunſt zerſetzt durch Berührung mit Körpern, welche kälter ſind als er; daher verwandeln ſich in geheitzten Zimmern die Dünſte an den kalten Fenſterſcheiben zu Tropfen.

Merkwürdige Beyſpiele von Abkühlung durch Verdünſtung. Man kann Waſſer, Wein u. d. m. ziemlich ſtark abkühlen, wenn man die Flaſchen, worin ſie enthalten ſind, mit naſſen Lappen umwickelt. In Spanien und andern Ländern der heißen Klimate hat man Gefäße, die zur Abkühlung des Waſſers dienen. Man nennt ein ſolches Gefäß Alcarazza. Sie ſind aus poröſem Thone verfertigt, laſſen demnach das Waſſer etwas durchſickern, ſo daß die Oberfläche immer feucht iſt. Die dünne Schichte Waſſers verdünſtet und kühlt das Gefäß und das darin enthaltene Waſſer ab. — Äther ſiedet unter dem Recipienten der Luftpumpe ſchon bey der gewöhnlichen Temperatur. Hat man in einem dünnen Gefäße Waſſer hineingeſetzt: ſo kann es bis zum Gefrieren gebracht werden. Merkwürdig iſt auch die Erſcheinung in Wollaſtons Kryophor. Er beſteht aus zwey Glaskugeln A, B (Zeichn. 109.), die durch eine in C und D umgebogene Röhre verbunden ſind. Sie ſind luftleer, und die eine enthält etwas Waſſer. Wird die leere in eine kaltmachende Miſchung geſteckt: ſo zerſetzt ſich der Dunſt in dem Ganzen, dadurch entſteht immer neuer Dunſt aus dem Waſſer in A, dieſes wird dadurch ſchnell abgekühlt, bis es endlich gefriert.

Leslie hat über die Kälteerregung im luftleeren Raume mittelſt vermehrter Verdünſtung mehrere intereſſante Verſuche angegeben. Wird unter den Recipienten der Luftpumpe ein Gefäß mit Waſſer geſtellt, und ein anderes mit einer Subſtanz, welche das Waſſer begierig anzieht: ſo kann nach einer ſchnellen Verdünnung der Luft das Waſſer bis zum Gefrieren erkältet werden. In dem luftverdünnten Raume dünſtet nähmlich das Waſſer ſchnell aus; die Dünſte, wie ſie mit der waſſeranziehenden Subſtanz in Berührung kommen, werden zerſetzt, um ſich mit derſelben zu verbinden; dadurch können ſogleich wieder neue Dünſte entſtehen. — Die Gefäße müſſen flach und etwas weit ſeyn, damit die Flüſſigkeiten eine hinlänglich große Oberfläche haben. Es iſt gut, wenn das Gefäß für das Waſſer aus Metall iſt. Zur waſſereinſaugenden Subſtanz hat ſich Leslie zuerſt der Schwefelſäure bedient; er hat aber auch andere Materien dazu mit Erfolg angewendet. So z. B. fand er unter andern leicht geröſtetes Hafermehl ſehr wirkſam. — Iſt bey dieſen Verſuchen das Queckſilber in dem Barometer der Luftpumpe auf etwa 3 Linien

gefallen: ſo kann man Alles ſtehen laſſen; in kurzer Zeit hat das Waſſer Eis angeſetzt. — Merkwürdig iſt folgende Erſcheinung: Wenn das Waſſer ganz gefroren iſt, und man ſetzt den Verſuch fort, ſo vermindert ſich das Eis; es verdünſtet nähmlich ebenfalls.

§. 685. Zerſetzung des Dampfes durch Druck. Dämpfe verlieren den Zuſtand der ausdehnſamen Flüſſigkeit nicht allein wenn ſie abgekühlt, ſondern auch wenn ſie zuſammengedrückt werden, und das iſt der zweyte Unterſchied zwiſchen ihnen und den Gasarten. Wenn der Raum, den die Luft einnimmt, verkleinert wird: ſo wächſt (nach §. 437.) die Dichte und Expanſivkraft derſelben. Wenn dagegen (bey bleibender Temperatur) der Raum des Waſſerdampfes verkleinert wird: ſo wird die Menge des Dampfes vermindert, ein Theil davon wird zu tropfbarem Waſſer. Dasſelbe gilt vom Dampfe des Weingeiſtes, Äthers ꝛc. Man kann ſich davon durch folgenden Verſuch überzeugen. Es wird eine ihrer Länge nach in gleiche Theile (z. B. in Zolle und Linien) getheilte Barometerröhre mit Queckſilber beynahe ganz gefüllt, nur zuletzt auf das Queckſilber bis ganz ans Ende der Röhre etwas Waſſer (oder eine andere Flüſſigkeit, deren Dunſt man zu unterſuchen wünſcht) zugegoſſen. Nun verſchließe man die Röhre mit dem Finger, und kehre ſie um; das Waſſer wird hinauf ſteigen, und das Innere der Röhre benetzen. Man kehre die Röhre wieder ſo, daß die Öffnung nach oben zu ſtehen komme, und wiederhohle allenfalls einige Mahle das Verfahren, um das Innere der Röhre recht zu benetzen, und ſuche zugleich alle Luftbläschen wegzubringen, wie bey dem Toricelliſchen Verſuche (§. 425.). Iſt dieſes geſchehen, ſo halte man die Röhre nochmahls mit der Mündung nach oben, fülle ſie ganz voll mit Queckſilber, verſchließe ſie wieder mit dem Finger, bringe die verſchloſſene Mündung unter die Oberfläche des Queckſilbers in einer weiteren Röhre (wie ſie die Zeichn. 110. angibt), und nehme nun den Finger weg. Es iſt, wie man ſieht, bisher ganz der Toricelliſche Verſuch, mit dem einzigen Unterſchiede, daß die Wände im Innern der Röhre naß ſind, und daher in dem Raume über den Queckſilber Dünſte entſtehen können. Sie entſtehen auch wirklich. Und die Folge davon iſt,

daß das Queckſilber tiefer ſinkt, als es in einer trockenen Röhre ſinken würde; denn die Dünſte drücken auf das Queckſilber, auf welches in der Toricelliſchen Röhre nichts drückt. Man tauche nun die Röhre tiefer hinab; der Erfolg davon iſt, daß der Raum am, den die Dünſte zuerſt eingenommen hatten, immer kleiner wird, ein Beweis, daß immer mehr des Dunſtes ſich in tropfbares Waſſer verwandelt, welches letztere man auch zunehmen ſieht; die Queckſilberſäule mn aber vermindert ſich nicht, ſondern bleibt gleich hoch. Wäre Luft über dem Queckſilber: ſo müßte beym Eintauchen der Röhre die Queckſilberſäule mn immer etwas abnehmen. — Fährt man mit dem Eintauchen fort, bis das Queckſilber bis oben reicht, ſo iſt aller Dunſt verſchwunden, und hat ſich in tropfbare Flüſſigkeit verwandelt.

§. 686. Dämpfe können alſo, wie wir bereits geſehen haben, entſtehen in einem begränzten, abgeſperrten Raume und in der freyen Luft; der abgeſperrte Raum kann ferner luftvoll oder luftleer ſeyn. Wir wollen jeden dieſer Fälle eigens betrachten.

### Dampf oder Dunſt im abgeſperrten, luftleeren Raume eigens betrachtet.

§. 687. Maximum der Verdünſtung. Iſt in einem abgeſchloſſenen leeren Raume eine hinreichende Menge einer verdunſtbaren Flüſſigkeit (z. B. Waſſer) vorhanden, und hat ſich ſo viel Dunſt darin gebildet, als bey der beſtehenden Temperatur in dieſem Raume ſich bilden kann: ſo ſagt man, es ſey das Maximum der Verdampfung oder Verdünſtung vorhanden, oder der Raum ſey mit Dünſten geſättigt. Dieſes Maximum muß offenbar immer eintreten, wenn hinreichendes Waſſer vorhanden iſt, denn es iſt kein Grund vorhanden, warum ſich weniger Dunſt bilden ſollte. Auch muß eben wegen Abgang jedes Hinderniſſes dieſe Menge des Dunſtes ſich beynahe augenblicklich bilden. Ferner wird dieſer Dunſt die größte Dichte und Expanſivkraft (Spannkraft, Elaſticität) haben, die ihm bey der beſtehenden Temperatur zukommen kann.

Wenn künftighin von der größten Spannkraft oder Dichte der Dünſte die Rede ſeyn wird: ſo muß immer der Dunſt in ſeinem Maximum gedacht werden.

§. 688. Beſtimmung der Spannkraft des Dunſtes. Der in dem §. 685. angegebene Verſuch, der uns dort einſtweilen gedient hat, bloß die Zerſetzbarkeit des Dunſtes durch Zuſammendrückung zu zeigen, dienet auch zur Beſtimmung der Spannkraft des Dunſtes in ſeinem Maximum. Zu dieſem Behufe wird die Queckſilberſäule mn gemeſſen, und mit der zur Zeit des Verſuches beſtehenden Barometerhöhe verglichen. Denn wäre über dem Queckſilber leerer Raum: ſo müßte dieſe Säule mn der Barometerhöhe gleich ſeyn. Geſetzt dieſe wäre = 28 Zoll, mn aber = 27 Zoll, mithin um 1 Zoll kleiner: ſo iſt die Spannkraft des Dunſtes ſo groß, daß ſie einer Queckſilberſäule von 1 Zoll das Gleichgewicht halten kann. Man drückt ſie auch durch eine ſolche Queckſilberſäule aus, und ſagt, ſie ſey = 1 Zoll oder 12 Linien.

§. 689. Bleibende Spannkraft und Dichte des Dunſtes im Maximum bey ungeänderter Temperatur. Derſelbe Verſuch des §. 685. dienet zu zeigen, daß bey bleibender Temperatur in einem größern Raume allerdings mehr Dünſte entſtehen, wenn Waſſer hinreichend vorhanden iſt (was ſich übrigens auch von ſelbſt verſteht), daß aber durch die Vergrößerung oder Verkleinerung des Raumes weder die Spannkraft noch die Dichte des Dunſtes geändert werde. Denn mag man die Röhre ab (Zeichn. 110.) wie immer heben oder niederdrücken, ſo bleibt (ſo lange nur noch verdampfbares Waſſer über dem Queckſilber iſt, mithin das Maximum Statt finden kann) die Queckſilberſäule mn immer gleich groß, alſo die Spannkraft ungeändert. Auch die Dichte ändert ſich nicht; denn bey vergrößertem Raume am verdampft zwar mehr Waſſer, der Dampf aber nimmt auch einen in demſelben Verhältniſſe größeren Raum ein.

§. 690. **Änderung der Spannkraft des Dunſtes durch Änderung der Temperatur, und Beſtimmung derſelben für alle Temperaturen.** Daß durch die Steigerung der Temperatur in einem und demſelben Raume mehr des vorhandenen Waſſers verdünſte, mithin der Dunſt ſowohl an Menge und Dichte als auch an Spannkraft zunehmen müſſe, iſt an ſich einleuchtend. Um aber ſeine Spannkraft für jede beliebige Temperatur zu beſtimmen, dient gleichfalls der ſchon mehrmahls angeführte Verſuch des §. 685. Nur muß dabey die Temperatur berückſichtigt werden. Auch muß es möglich ſeyn, die Temperatur des ſich bildenden Dunſtes nach Belieben zu erhöhen oder tiefer zu machen. Zu dieſem Ende wird die Röhre a b mit einer weiteren Glasröhre r s (Zeichn. 111.) umgeben, deren Boden eine Öffnung hat, durch welche die Barometerröhre a b luftdicht durchgeſchoben wird. Den Zwiſchenraum des Cylinders r s füllt man nun mit wärmerem oder kälterem Waſſer, deſſen Temperatur durch ein darein geſenktes Thermometer gefunden wird. Nun mißt man, wie in den früheren Verſuchen, die Queckſilberſäule m n, und aus ihrem Unterſchiede gegen die beſtehende Barometerhöhe ergibt ſich auf die ſchon angegebene Weiſe die Spannkraft des Dunſtes.

Indeſſen hat man zur Beſtimmung dieſer Spannkraft bey bedeutend hohen und tiefen, und ſelbſt bey gewöhnlichen Temperaturen auch eigene Apparate ausgeſonnen.

Über die durch Verſuche aufgefundene Spannkraft des Dampfes bey verſchiedenen Temperaturen enthält der Anhang mehrere Tabellen.

Noch muß hier angeführt werden, daß man die Spannkräfte nicht bloß nach **Queckſilberſäulen** ausdrücken könne, ſondern auch nach **Gewichten**, welche der in einem Gefäße eingeſchloſſene Dunſt zu heben im Stande iſt, wenn er auf eine bewegliche Fläche, nähmlich auf ein Ventil von beſtimmter Größe (z. B. von der eines Quadratzolles) drückt, und dieſe mit einem Gewichte beſchwert wird. Dieſes Gewicht läßt ſich übrigens auch aus jener Queckſilberſäule finden. Denn geſetzt, die Spannkraft des Dunſtes vermag eine zwey Zoll lange Queckſilberſäule zu tragen: ſo kommt es ja nur auf die Höhe dieſer Säule an und nicht auf ihre Weite. Wäre nun

der Durchſchnitt derſelben genau = 1 Quadratzoll, und ihre Höhe zwey Zoll: ſo äußert die Spannkraft auf die Fläche eines Quadratzolles einen Druck, der gleich iſt dem Gewichte einer Queckſilberſäule von zwey Cubikzoll. Man braucht mithin nur das Gewicht eines Cubikzolles Queckſilber (14 W. Loth) zu wiſſen, um das weitere zu beſtimmen. — Auch pflegt man die Spannkraft der Dünſte nach dem Atmoſphärendrucke auszudrücken. So z. B. iſt die Spannkraft des Dampfes aus Waſſer, das in freyer Luft ſiedet, gleich dem Druck der Atmoſphäre (§. 678.), oder (im Mittel) dem Druck einer Queckſilberſäule von 28 P. Zoll. Auch der abgeſperrte Dampf im Maximum hat bey der Temperatur von 100° C natürlicher Weiſe dieſelbe Spannkraft; bey einer höhern Temperatur aber eine größere. Iſt ſie zweymahl oder dreymahl ſo groß: ſo ſagt man, ſie ſey gleich zwey oder drey Atmoſphären u. ſ. w.

Apparate zur Beſtimmung der Spannkraft der Dämpfe bey verſchiedenen Temperaturen. Für bedeutend hohe Temperaturen iſt bequem der in der Zeichn. 112. angedeutete Apparat. Hier iſt a b c eine heberförmig gebogene in a offene in c geſchloſſene, durch den Boden des weitern Cylinders D E luftdicht gehende Barometerröhre. In dem geſchloſſenen Schenkel b c befindet ſich über dem Queckſilber m n p etwas Waſſer (oder eine andere Flüſſigkeit, deren Dämpfe man unterſuchen will). Gießt man in den Cylinder D E beliebig heißes Waſſer: ſo drückt der über m entſtehende Dampf das Queckſilber deſto tiefer hinab, je heißer das Waſſer iſt. Seine Expanſivkraft e kann auch hier ausgedrückt werden durch e = b (Barometerhöhe) — m n. Sollte aber das Queckſilber im verſchloſſenen Schenkel tiefer ſtehen als im offenen, z. B. dort bis r, hier bis s: ſo wäre die Expanſivkraft e = b + r r′. — Für Temperaturen unter dem Eispuncte müßte in den äußern Cylinder D E Eis gethan werden, und eben darum könnte man den Stand des Queckſilbers nicht beobachten. Für dieſen Fall dient die von Gay-Luſſac angewendete, in der Zeichn. 113. dargeſtellte Vorrichtung. Die Barometerröhre a b c iſt in b gebogen, ſteht in c im Queckſilber, iſt aber in a mit einem Kolben k luftdicht verbunden, in welchem eine kaltmachende Miſchung (§. 672.) ſich befindet. Die über m entſtehenden Dünſte werden erkältet, mithin ihre Spannung vermindert, mithin wird das Queckſilber auf eine geringere Tiefe hinabgedrückt, als ſonſt der Fall geweſen wäre. Das Übrige ergibt ſich von ſelbſt.

Zur bequemen Beobachtung der Expanſivkraft des Dampfes bey verſchiedenen Temperaturen dient auch der in der Zeichn. 114. abgebil-

dete Apparat, beſtehend in einer Kugel k, an deren meſſingenen Kappe zwey Röhren mit Hähnen verſehen ſind. An eine dieſer Röhren läßt ſich ein in einem Cylinder befindliches Barometer ſchrauben. Zum Behufe des Verſuches wird zuerſt die Kugel an die Luftpumpe geſchraubt, und die Luft darin möglichſt verdünnt. Dasſelbe geſchieht eigens mit dem das Barometer enthaltenden Cylinder; dann wird dieſer an die Kugel geſchraubt, und die Hähne h und h′ geöffnet. Die anderen zwey Hähne k und k′ aber dienen, die verdampfbare Flüſſigkeit in die Kugel zu bringen. Man öffnet nähmlich zuerſt den obern Hahn k, gießt die Flüſſigkeit in die Öffnung o, und ſchließt den Hahn. Nun öffnet man den untern Hahn k′, läßt die Flüſſigkeit in die Kugel gehen, und ſchließt den Hahn. Man kann ſo durch Wiederhohlung des Verfahrens noch eine zweyte Portion der Flüſſigkeit in die Kugel bringen u. ſ. w. — Die Expanſivkraft des Dampfes wird nun durch Eintauchung der Kugel in Waſſer von verſchiedener Temperatur beſtimmt. Man muß indeſſen nicht vergeſſen, die (wiewohl geringe) Spannung, welche wegen der nach der Anwendung der Luftpumpe immer noch zurückgebliebenen wenigen Luft ſich an dem Barometer zeigt, von der ſpäter beobachteten Spannung der Dämpfe abzuziehen. — Man hat dem hier beſchriebenen Apparate auch den Nahmen Manometer gegeben, welches dann mit jenem, welches wir auch Dasymeter (§. 441.) genannt haben, nicht zu verwechſeln iſt. — Hier müſſen wir noch eines von R. R. Prechtl angegebenen Apparates erwähnen, der die verſchieden wechſelnde Spannkraft der Waſſerdünſte bey den verſchiedenen in der Atmoſphäre Statt findenden Abwechslungen der Temperatur bequem angibt. Er iſt in der Zeichn. 115. dargeſtellt, und beſteht aus einer heberförmig gebogenen, ganz geſchloſſenen, zum Theil mit Queckſilber gefüllten Röhre a b c, deren beyde Schenkel über dem Queckſilber luftleer ſind, der eine derſelben aber in dem luftleeren Raume a m etwas Waſſer enthält, welches dieſen Raum mit Dünſten erfüllt. Der Unterſchied der Queckſilberhöhen in beyden Schenkeln gibt die Spannkraft der Dünſte bey der jedesmahligen Temperatur der Atmoſphäre, welche zugleich von dem Thermometer t t angezeigt wird. Die mittelſt der Schraube s auf- und abzuſchiebende Platte dient zur genauen Beobachtung jenes Höhenunterſchiedes.

In allen bisher angeführten Apparaten und Verſuchen wird die Expanſivkraft des Dampfes durch Queckſilberſäulen ausgedrückt. Man kann ſie aber, wie bereits iſt erwähnt worden, auch durch Gewichte ausdrücken, welche der Dampf zu heben im Stande

iſt, wenn er auf eine beſtimmte, bewegliche und mit dieſen Gewichten beſchwerte Fläche wirkt. Verſuche, die unmittelbar zu dieſem Ausdrucke führen, ſind im k. k. polytechniſchen Inſtitute vom Prof. Arzberger mit vieler Sorgfalt angeſtellt worden. Der Zweck derſelben war die Expanſivkraft der Dämpfe für ſehr hohe Temperaturen zu beſtimmen, indem man beſonders ſolcher Dämpfe zu praktiſchen Zwecken ſich bedient. Sein Apparat beſtand aus einem ſtarken gebogenen Rohr A B C (Z. 116.), in welchem bey A ein Thermometer T R luftdicht eingefügt war, und bey B mittelſt einer kleinen Pumpe P Waſſer eingepumpt werden konnte. Über C war eine kreisförmige Öffnung von genau einem halben Wiener Quadratzoll, die durch ein Kugelventil v geſchloſſen ward. Das Kugelventil war unten mit dem Stifte H verſehen, um nicht aus der Öffnung geſchoben zu werden. Auf den obern gabelförmigen Theil drückt der Balken I L mittelſt des in ſeiner Mitte angebrachten Zapfens. In I iſt der Drehungspunct des Balkens, in L eine Schale, um die Gewichte aufzunehmen. Daß jedes Gewicht bey dieſer Einrichtung ein doppeltes Moment habe, ergibt ſich von ſelbſt (§. 256.); eben ſo verſteht es ſich, daß auch das Gewicht des Balkens und das Doppelte der Schale mit in Rechnung kommen müſſe. Das Waſſer wird hier ſo lange erhitzt, bis das Ventil gehoben wird; die Temperatur des Dampfes zeigt das Thermometer an. Eine ausführliche Beſchreibung des Apparates und der Verſuche iſt in den Jahrbüchern des polytechniſchen Inſtitutes (Bd. I. S. 144) enthalten. Im Anhange befindet ſich eine Tabelle auch über die Reſultate dieſer Verſuche.

Außer dieſen zuletzt genannten Verſuchen über die Spannkraft der Dämpfe bey hohen Temperaturen ſind auch in Paris dergleichen durch eine von der Akademie der Wiſſenſchaften ernannte Commiſſion mit ſehr vieler Sorgfalt angeſtellt wordrn. Sie erſtrecken ſich bis auf die Spannkraft von 24 Atmoſphären. Die für die praktiſche Anwendung wichtigen Reſultate derſelben ſind in einer Tabelle des Anhanges enthalten. Die Berichterſtatter glauben, die Temperatur ſey bey Arzberger immer etwas zu groß angegeben. Über das Verfahren der Commiſſion (die zuletzt aus den Mitgliedern Arago, Ampére, Girard und Dulong beſtand) findet man das Umſtändliche in den Mém de l' Ac. d. Sc. Vol. X. p. 193.; auch in den Ann. de Chim. et de Phys. XLIII. und in Schweiggers Journ. LIX. S. 167.

§. 691. Verhalten der Dämpfe unter ihrem Maximum. Dieſes ergibt ſich aus dem bereits Vorgetragenen

von ſelbſt. Geſetzt, es befinde ſich in einem abgeſchloſſenen Raume Dampf allein, und ſeine Temperatur werde erhöht: ſo muß ſeine Spannkraft nach §. 690. zunehmen; aber ſeine Menge, mithin ſeine Dichte bleibt ungeändert. Bey abnehmender Temperatur dagegen muß die Spannkraft abnehmen gleichfalls mit ungeänderter Menge, jedoch hat dieſes natürlich eine Gränze. Sobald nähmlich der Dampf ſo weit abgekühlt iſt, daß er ſich zu zerſetzen anfängt: ſo nimmt bey fortwährender Abkühlung nicht nur die Spannkraft, ſondern auch die Menge des Dampfes, mithin ſeine Dichte ab. — Eben ſo einleuchtend iſt, was geſchehen müſſe, wenn bey ungeänderter Temperatur der abgeſchloſſene, bloßen Dampf enthaltende Raum vergrößert oder verkleinert wird. Wird er vergrößert: ſo muß offenbar die Dichte und Spannkraft des Dampfes abnehmen; ſie muß dagegen zunehmen durch Verkleinerung des Raumes. Allein das Letztere hat auch ſeine Gränze. Hat nähmlich der Dampf denjenigen Grad der Dichte erreicht, der ihm bey dem Maximum zukommt: ſo kann er durch fernere Verkleinerung des Raumes nicht mehr dichter und elaſtiſcher werden, ſondern es zerſetzt ſich deſto mehr davon, je mehr der Raum verkleinert wird (§. 685.).

Aus dieſer Betrachtung ergibt ſich auch von ſelbſt der große Unterſchied der Spannkraft des Dampfes für den Fall, wenn bloß er, und für den, wenn auch verdampfbare Flüſſigkeit vorhanden iſt. Im erſten Falle wächſt mit der Zunahme der Temperatur ſeine Spannkraft, ſo wie die einer abgeſperrten Luftportion zunehmen würde. Im zweyten Falle aber wird außerdem immer noch neuer Dampf gebildet, deſſen Spannkraft gleichfalls mit der Wärme zunimmt. So z. B. würde die Expanſivkraft des bloßen Dampfes bey 0° C zu der bey 100° C ſich verhalten, wie 1,000 : 1,375, alſo ziemlich nahe wie 5 : 7. Iſt dagegen auch verdampfbares Waſſer vorhanden: ſo iſt die Expanſivkraft bey 100° C mehr als 200 Mahl größer, als die bey 0°. Denn der Expanſivkraft des Waſſerdampfes bey 0° C entſpricht der Druck einer Queckſilberſäule von nicht ganz 13/100 P. Zoll, bey 100° C aber überwindet ſeine Expanſivkraft den Druck von 28 P. Zoll Queckſilber oder den Druck der Atmoſphäre; bey 121° C ſchon den von 2 Atmoſphären, bey 200° C ſchon den von mehr als 13 Atmoſphären. Man ſehe zur Vergleichung die bereits angeführten Tabellen des Anhanges über die Spannkraft der Waſſerdämpfe. —

§. 692. Dichte des Waſſerdampfes. In Beziehung auf dieſe hat man aus Verſuchen Folgendes geſchloſſen: 1) Die Dichte des Waſſerdampfes bey 100° C iſt $^1/_{1700}$ von der Dichte des Waſſers, bey deſſen größter Dichte, oder (was dasſelbe iſt) 1 Cubikfuß Waſſer von größter Dichte gibt 1700 Cubikfuß ſiedheißen Dampfes. Das Gewicht eines W. Kubikfußes dieſes letzteren iſt alſo $^{56}/_{1700}$ W. Pfund. — 2) Die Dichte des Waſſerdampfes verhält ſich zur Dichte der Luft nahe wie 10 zu 16, vorausgeſetzt, daß Luft und Dampf dieſelbe Temperatur haben und gleich ſtarken Druck erleiden, und der Dampf in ſeinem Maximum iſt. — 3) Im abgeſchloſſenen Raume wachſen mit der Zunahme der Temperatur die Dichte und die Spannkraft des Dampfes nicht ganz in demſelben Verhältniſſe; die Spannkraft nähmlich nimmt etwas mehr zu.

Erläuterungen. — Zu 1 und 2. Über die Dichte des Waſſerdampfes haben vorzüglich Muncke und Gay-Luſſac Verſuche angeſtellt; die Reſultate beyder ſind beynahe dieſelben. Der Apparat des letzteren (welcher gewöhnlich angeführt zu werden pflegt) iſt in der Zeichn. 117. abgebildet. VV iſt eine lange und enge Glasglocke, welche in Theile von gleichem Rauminhalte eingetheilt iſt, und im Ganzen etwas über eine W. Maß faßt. Sie wird mit Queckſilber gefüllt und über ein weiteres, gleichfalls zum Theil mit Queckſilber gefülltes Gefäß geſtürzt. Zugleich blies Gay-Luſſac ein kleines Glaskügelchen, das in ein dünnes Röhrchen auslief (wie in g bey Zeichn. 117. angedeutet wird). Dieſes wurde abgewogen, dann mit Waſſer gefüllt, und nachdem das Röhrchen zugeſchmolzen ward, wieder abgewogen, und dadurch das Gewicht der enthaltenen Waſſerportion bekannt. Dieſes Kügelchen wurde nun in den Glascylinder VV gethan, über dieſen ein weiterer offener Glascylinder M geſteckt, dieſer mit Waſſer gefüllt, und das Ganze dann durch eine in FF angebrachte Flamme ſo lange erhitzt, bis das Waſſer zum Sieden kam. Durch die Erhitzung ward das Waſſer in dem Kügelchen ausgedehnt, und das letztere zerſprengt. Das Waſſer des Kügelchens verwandelte ſich in Dampf von 100° C, und drückte durch ſeine Expanſivkraft das Queckſilber des inneren Cylinders bis auf irgend eine Stelle, z. B. bis H. Der Rauminhalt des Dampfes war nun VH, und aus der Eintheilung des Cylinders bekannt. Die Spannkraft des Dampfes iſt, wenn die Barometerhöhe zur Zeit des Verſuches b heißt, = b — HT. Da das ſpecifiſche Gewicht der Luft

für jeden Druck der Atmoſphäre und jede Temperatur aus andern Verſuchen bekannt iſt: ſo iſt ſie es auch für den Luftdruck = b — H T und für die Temperatur = 100° C. Mithin läßt ſich das abſolute Gewicht der Luftportion finden, die unter den angegebenen Umſtänden den Raum V H füllen würde. Das Gewicht des in Dampf verwandelten, früher in dem Glaskügelchen vorhanden geweſenen Waſſers iſt, weil es abgewogen wurde, gleichfalls bekannt. Da ſich nun (nach §. 215.) die Dichten zweyer Körper bey gleichen Räumen verhalten, wie ihre abſoluten Gewichte: ſo läßt ſich die Dichte des in Frage ſtehenden Dampfes gegen die der Luft beſtimmen. Nur iſt bey dem Verſuche wohl darauf Acht zu geben, daß alles in dem Kügelchen früher enthaltene Waſſer wirklich in Dampf verwandelt werde; dann muß die Queckſilberſäule H T genau gemeſſen werden. Zum Behufe dieſer Meſſung iſt eine Scale S T ſenkrecht durch ein kupfernes kürzeres Lineal c c geſteckt; die Scale wird ſo verſchoben, daß ihre Spitze die Oberfläche des (außer dem mit Waſſer gefüllten Cylinder ſich befindenden) Queckſilbers berührt. Auf der Scale iſt der Laufer H verſchiebbar, damit er in die Höhe der inneren Queckſilberoberfläche geſtellt werden könne. Auch muß auf die Ausdehnung des Glascylinders durch Wärme gehörige Rückſicht genommen werden. —

Bey einem von Gay-Luſſac angeſtellten Verſuche war, nach Biot, das Gewicht des in dem Glaskügelchen enthaltenen Waſſers 1 Gramme (13,7 W. Gran). 1 Gramme Waſſers nimmt im Zuſtande der größten Dichte (§. 665.) den Raum eines Cubikcentimeters ein, davon 1000 auf 1 Litre (nahe 55 W. Cubikzoll) gehen. In Dampf von 100° C verwandelt füllte dieſes Waſſer in dem Apparate einen Raum = 1696,4 Cubikcentimeter, mithin einen beynahe 1700 Mahl größeren Raum, als der iſt, den es im tropfbaren Zuſtande bey größter Dichte einnimmt. Das Gewicht von 1000 Cubikcentimeter oder 1 Litre dieſes Dampfes würde alſo ſeyn $= \frac{1}{1,6964}$ Gramme. Der Druck, dem dieſer Dampf ausgeſetzt war, betrug 0,76 Meter (28,8 W. Zoll). Nun iſt aus anderen Verſuchen bekannt, daß bey demſelben Drucke der Atmoſphäre 1 Litre trockener Luft von der Temperatur 100° C ein Gewicht habe $= \frac{1}{1,0577}$ Gramme. Mithin verhält ſich das Gewicht a eines beſtimmten Volums atmoſphäriſcher Luft zu dem Gewichte b des Waſſerdampfes bey demſelben Volum, derſelben Temperatur und unter demſelben Drucke, wie $\frac{1}{1,6964} : \frac{1}{1,0577}$ nahe = 10 : 16. Da nun

die Dünſte, **ſo lange ſie wirklich ausdehnſam bleiben**, ſich durch Wärmeänderungen in demſelben Verhältniſſe ausdehnen und zuſammenziehen: ſo nimmt man dieſes Verhältniß der Dichte 10 : 16 auch für andere Temperaturen. Beynahe die nähmlichen Reſultate ergaben ſich aus den Verſuchen von Muncke. Es verſteht ſich übrigens von ſelbſt, daß dieſe Betrachtung bloß dienen ſoll, um das Gewicht eines Volums Dampf mit dem der Luft im Allgemeinen zu vergleichen.

Zu 3. — Man denke ſich in einem abgeſperrten Raume eine hinreichende Menge Waſſers, aus welchem bey einer gewiſſen Temperatur Dampf entſteht, deſſen Dichte wir d, und deſſen Elaſticität wir e nennen wollen. Geſetzt nun, daß bey einer gewiſſen höheren Temperatur ſich in demſelben Raume doppelt ſo viel Dampf bilde, ſo wäre ſeine Dichte = 2 d. Die vorhandene Gewichtsmenge von Dampf würde bey der Dichte = d einen doppelt ſo großen Raum einnehmen. Allein eben darum, weil dieſer Raum nun doppelt ſo klein iſt, mithin dieſelbe Elaſticität in einem doppelt ſo kleinen Raume wirkſam gedacht wird, iſt ſie für jeden Punct doppelt ſo groß, mithin = 2 e. Es iſt gerade ſo als ob ein Dampf von der Elaſticität = e in die Hälfte ſeines Raumes wäre zuſammengedrückt worden. Durch eine ſolche Zuſammendrückung aber würde (nach §. 660.) eine gewiſſe Menge Wärme frey werden müſſen; dieſe müßte ausdehnend auf den Dampf wirken, und mithin ſeine Elaſticität um ein Gewiſſes, z. B. um die Größe m vermehren. Seine Elaſticität müßte alſo nicht = 2 e, ſondern = 2 e + m ſeyn, dagegen ſeine Dichte nur = 2 d. Woraus man ſieht, daß die Elaſticität in einem größern Verhältniſſe zunehmen müſſe, als die Dichte.

### Verdünſtung in einem abgeſchloſſenen luftvollen Raume. Mengung von Gas und Dunſt.

§. 693. Es iſt merkwürdig, daß (nach Dalton's Verſuchen) in einem abgeſchloſſenen **luftleeren** Raume von einer verdünſtbaren Flüſſigkeit gerade ſo viel verdünſtet, als in einem eben ſo großen **luftleeren** Raume bey derſelben Temperatur verdünſtet wäre. Die hier mit dem Dunſte gemengte Luft hätte nun **für ſich allein** (ohne alle Feuchtigkeit) bey einer beſtimmten Temperatur eine gewiſſe Expanſivkraft gehabt; eben ſo auch der Dunſt, wenn er allein jenen Raum erfüllt hätte. Die Summe dieſer beyden Expanſivkräfte iſt gleich der wirklichen

Expanſivkraft des Gemenges von Luft und Dunſt in demſelben Raume bey derſelben Temperatur. — Übrigens verſteht es ſich von ſelbſt, daß ſobald auch hier das Maximum der Verdünſtung (§. 687.) erreicht iſt, die fernere Dunſtbildung ein Ende habe, und daß dieſes Maximum ſich auch nach der Temperatur richte.

Dieſe Erſcheinungen ſind, als Thatſache, außer Zweifel geſetzt. Ihrer wurde ſchon in der Lehre von den Erſcheinungen der ausdehnſam flüſſigen Materien (§. 456.) erwähnt. Dort wurde geſagt, daß ſich dieſe Flüſſigkeiten ſo unter einander mengen, als ob die Theile der einen zwiſchen die Theile der andern (alſo in die Poren der andern) ſich begäben, und nur gegen die eigenen Theile, nicht gegen die der andern, einen Druck äußerten; ſo demnach, als ob der von der einen erfüllte Raum für die andere in Beziehung auf den Druck ein leerer Raum wäre. Dieß iſt Dalton's Anſicht. Nur geſchieht die Erfüllung des Raumes, worin ſchon eine dieſer Flüſſigkeiten ſich befindet, nicht ſo ſchnell, als wenn er leer wäre; das Untereinanderſchlüpfen der Theilchen (wenn man ſich dieſes ſo vorſtellen will) erfordert doch einige Zeit. Übrigens gilt das eben Geſagte von Gas und Gas, Dunſt und Dunſt, Gas und Dunſt, ſo lange ſie nicht chemiſch auf einander wirken.

Man hat mit einer hohlen Kugel ein Barometer verbunden, wie in dem Apparate der Zeichn. 114., und in die Kugel Waſſer gebracht; die ſich bildenden Dünſte äußerten einen Druck auf das Queckſilber im Barometer und die Queckſilberhöhe hat um ein Gewiſſes zugenommen. Dieſe Zunahme hat man bey einer beſtimmten Temperatur gleich gefunden, mag die Kugel luftvoll oder luftleer geweſen ſeyn; nur war in der luftvollen Kugel ſchon urſprünglich ein gewiſſer Barometerſtand, wie ſich von ſelbſt verſteht.

Zur Prüfung der Expanſivkraft der Dünſte, die ſich mit der atmoſphäriſchen Luft gemengt haben, dient übrigens bequem der in der Zeichn. 118. dargeſtellte Apparat. abcd iſt eine weitere, mit einer engeren verbundene Glasröhre, die unten und oben eine Faſſung, unten einen gewöhnlichen Hahn h, oben zwey Hähne hat, nähmlich einen gewöhnlichen f, und einen andern g, der ſtatt der Durchbohrung ein kleines Schüſſelchen bildet, wie dieſes in g′ eigens abgebildet iſt. Man ſchraubt den oberſten Hahn g ganz ab, öffnet den Hahn f, ſchließt den unteren h, und gießt nun bey d Queckſilber in den Apparat. Natürlicher Weiſe ſtellt ſich dieſes in beyden Schenkeln gleich hoch, denn es ſind communicirende Röhren. Nun wird der Hahn g angeſchraubt, in die Lage wie in g′ gedreht, etwas

Waſſer hineingebracht, dann der Hahn f ſo gedreht, daß das Waſſer in das Gefäß falle. Durch Wiederhohlung des Verfahrens läßt ſich eine beliebige Menge Waſſers hinein bringen. Iſt dieſes geſchehen: ſo zeigt ſich, daß die Queckſilberſäule in a b ſinket, in c d ſteigt. Der Grund iſt der Druck des in a b ſich bildenden Dunſtes, welcher, weil hinreichendes Waſſer vorhanden iſt, welches das für die eben herrſchende Temperatur gehörige Maximum der Spannkraft beſitzt. Man merke ſich den Rauminhalt. Nun läßt man durch Öffnung des unteren Hahnes h etwas Queckſilber auslaufen, damit dieſes in beyden Röhren ſich in gleiche Höhe ſtelle. Iſt dieſes der Fall: ſo iſt die Spannkraft des Dunſtes, mehr der Spannkraft der Luft in dem Cylinder a b, gleich dem in der Röhre c d wirkſamen Drucke der Atmoſphäre. Es ſey die vorige Spannkraft der inneren Luft p, ihre jetzige p′, die Spannkraft des Dunſtes $= e$; ſo iſt offenbar $p' + e = p$, denn die Spannkräfte wirken nun ſo viel, wie früher p. Der vorige Rauminhalt der Luft war v, der jetzige iſt v′. So iſt auch offenbar $p : p' = v' : v$, und mithin $p' = \frac{p\,v}{v'}$. Da nun $e + p' = p$, mithin $e = p - p'$, und $p' = \frac{p\,v}{v'}$: ſo iſt auch $e = p - \frac{p\,v}{v'} = \frac{p\,v' - p\,v}{v} = p\,\frac{(v' - v)}{v'}$.

### Verdünſtung im Freyen. Hygrometrie.

§. 694. Je größer der Raum, in welchem die Dünſte ſich verbreiten können, eine deſto größere Menge der verdünſtbaren Flüſſigkeit wird (nach §. 689.) die Form des Dunſtes annehmen. Iſt nun jener Raum unbegränzt: ſo ſollte jede endliche Menge von Flüſſigkeit, mithin alles Waſſer der Erde ganz verdünſten, und ein Maximum der Verdünſtung könnte niemahls eintreten. Denn wodurch ſollte der Verdünſtung eine Gränze geſetzt werden? Durch den Raum nicht, indem dieſer unendlich iſt. Durch den Druck der Atmoſphäre auch nicht, indem dieſer nur dem Sieden, und keineswegs der allmählichen Verdünſtung ein Hinderniß iſt (§. 693.). Dennoch aber gibt es eine Gränze. Denn weggedacht die Atmoſphäre, in wie fern ſie aus Luft beſteht: ſo bleibt noch derjenige Theil derſelben übrig, der aus Waſſerdünſten beſteht. Dieſe Dunſtatmoſphäre aber äußert allerdings einen Druck auf die neu entſtehenden Waſſerdünſte; und

iſt die Elaſticität der letztern nicht größer als jener Druck: ſo iſt das Maximum der Verdünſtung vorhanden. Dieſes Maximum der Verdünſtung wird nothwendig auch im Freyen von der vorhandenen Temperatur abhängig ſeyn. Da nun dieſe nicht überall gleich iſt und, auch für denſelben Ort der Erde, nicht immer gleich bleibt: ſo iſt von ſelbſt einleuchtend, daß die Atmoſphäre nicht überall, und auch über demſelben Orte der Erde nicht immer gleich viel mit Dünſten beladen ſeyn werde.

Manche Phyſiker waren der Meinung, die allmähliche Verdünſtung ſey von der Verdampfung beym Sieden dem Weſen nach verſchieden, das verdünſtende Waſſer nähmlich (ſo auch andere verdünſtbare Flüſſigkeiten) würde von der Luft aufgelöſet, wie z. B. ein Stück Zucker oder Salz, welches auf dem Boden eines mit Waſſer gefüllten Gefäßes liegt, vom Waſſer aufgelöſet wird. Sie glaubten, nur dadurch werde es begreiflich, wie die Verdünſtung bey allen Temperaturen Statt finden könne. Da nun aber im luftvollen und luftleeren Raume bey derſelben Temperatur gleich viel Waſſer verdünſtet (§. 693); da ferner auch kein Unterſchied bemerket wird, wenn ſich in einem ſolchen geſchloſſenen Raume ſtatt Luft irgend ein anderes Gas befindet (deſſen Verwandtſchaft zum Waſſer doch wahrſcheinlicher Weiſe eine andere ſeyn ſollte); da die Luft durch Verbindung mit Dampf ſtatt an Dichte zuzunehmen, daran abnimmt; da endlich beym allmählichen Verdünſten gleichfalls Wärme gebunden wird (§. 684.): ſo kann wohl von einer eigentlichen Auflöſung keine Rede ſeyn, und es läßt ſich zwiſchen beyden Dunſtbildungen kein anderer Unterſchied angeben, als der bereits §. 683. erwähnte.

§. 695. So lange die Waſſerdünſte ausdehnſam, alſo wirklich Dünſte ſind, ſind ſie durchſichtig, und daher unſichtbar. Fangen ſie an, ſich in ſehr feines tropfbares Waſſer zu umwandeln: ſo erzeugen ſie in uns ein Gefühl von Kälte, und werden endlich auch ſichtbar. Sie heißen dann Nebel. Ein Nebel in einer höhern Gegend bekommt den Nahmen einer Wolke. Im Nebel iſt das Waſſer in einem Zwiſchenzuſtande zwiſchen tropfbarem Waſſer und Dunſt. Im gemeinen Leben nennet man den ſichtbar gewordenen Dunſt auch wohl Dampf.

Man kann ſich den ſichtbar gewordenen Dunſt vorſtellen als eine

Sammlung aus unzähligen Tröpfchen, welche ſo klein ſind, daß das abſolute Gewicht eines jeden einzelnen nicht im Stande iſt, den Widerſtand der Luft zu überwinden, durch welchen ſie demnach auf die ſchon (im §. 440. Zuſ.) angezeigte Weiſe ſchwebend können erhalten werden. An der Vereinigung zu größern Maſſen ſind ſie durch die dazwiſchen ſeyende Luft gehindert. Sauſſure ſagt, er habe im Nebel dieſe kleinen Tröpfchen als hohle Kügelchen oder Bläschen geſehen. — Übrigens ſind nicht alle Dämpfe unſichtbar. So z. B. erſcheinet der Dampf von Jod mit violetter Farbe, der des Chlors gelblich, u. d. m.

§. 696. Wichtig in vieler Beziehung iſt für den Naturforſcher (beſonders für den Meteorologen) die Frage, ob es nicht ein Mittel gebe, den Gehalt des Waſſers auszumitteln, das in Dunſtgeſtalt zu verſchiedenen Zeiten in einem Theile der Atmoſphäre, z. B. in 1 Cubikfuß vorhanden ſey. Man hat auf mehrerley Weiſe dieſen Zweck zu erreichen geſucht, auch verſchiedene Apparate vorgeſchlagen und ausgeführt, die unter dem Nahmen der Hygrometer (Feuchtigkeitsmeſſer) bekannt ſind. Am ſicherſten dürfte wohl folgender Weg zu dem erwünſchten Ziele führen. Man ſuche diejenige Temperatur auszumitteln, bey welcher nicht mehr des Dunſtes in der Atmoſphäre ſeyn könnte, als gerade eben vorhanden iſt; oder (was dasſelbe iſt) bey welcher der eben vorhandene Dunſt die größte Dichte hätte, ſo daß, wenn er noch dichter werden ſollte, oder abgekühlt würde, ein Theil desſelben ſich in tropfbares Waſſer verwandeln müßte (§. 684.). Ein zu dieſem Behufe von Dalton angegebener Verſuch iſt folgender. Es wird in ein Gefäß Waſſer gegoſſen, welches bedeutend kälter iſt, als die Atmoſphäre. Die Folge davon iſt, daß die mit der äußern Fläche des Gefäßes in Berührung kommenden Waſſerdünſte durch Abkühlung ihre Dunſtform verlieren und das Gefäß bethauen. Wiederhohlt man den Verſuch mit immer wärmerem Waſſer: ſo kömmt man endlich auf eines, wodurch ſich kein Thau mehr bildet. Mittelſt eines hineingeſtellten Thermometers ließe ſich einigermaßen die Temperatur, bey welcher das Bethauen anfängt, beſtimmen, und dieſe wäre der Thaupunct für die vorhandenen Dünſte. Geſetzt, es habe die

Atmoſphäre die Temperatur 25° C, und man fände mit Genauigkeit den Thaupunct = 15° C: ſo wäre das ein Zeichen, daß bey 15° C die vorhandenen Dünſte die größte Dichte hätten, und kein Waſſer mehr verdünſten könnte, d. h. daß in 1 Cubikfuß Luft nicht mehr Gran Waſſerdunſtes enthalten ſeyn könnte, als jetzt auch enthalten iſt; dagegen aber müßte noch viel mehr Waſſer verdünſten, damit die Atmoſphäre bey der vorhandenen Temperatur von 25° C mit Dunſt geſättigt würde. — Aus den Tabellen über die Dichten der Dünſte bey verſchiedenen Temperaturen läßt ſich die Dichte des Dunſtes für die Temperatur, die der Thaupunct angibt, aufſuchen, und mithin erfahren, wie viel Gran Waſſer in einem Cubikfuße Luft in Dunſtgeſtalt enthalten ſey. Mit Hülfe derſelben Tabellen läßt ſich auch finden, wie viel Gran Waſſerdunſt in einem Cubikfuße Luft enthalten ſeyn müßte, damit der Sättigungspunct bey der höhern Temperatur (in unſerem Beyſpiele bey 25° C) erreicht wäre; mithin läßt ſich der wirkliche Waſſergehalt mit dem bey der beſtehenden Temperatur möglichen vergleichen.

Man ſieht indeſſen leicht ein, daß die angegebene Weiſe, den Verſuch anzuſtellen, nicht nur unbequem iſt, ſondern es auch ſchwer fallen dürfte, dadurch den Thaupunct ganz genau zu beſtimmen. Daher waren die Phyſiker bemüht, die gewünſchte Genauigkeit mittelſt eigener Apparate zu erreichen. Darunter gehören vorzüglich das Hygrometer von Daniell und das vereinfachte von Körner. Beyde werden auch unter dem Nahmen Schwefeläther-Hygrometer begriffen.

§. 697. Daniell's Hygrometer (Zeichn. 119.) beſteht (ähnlich dem Kryophor §. 684. Zuſ.) aus zwey luftleeren, durch eine in m und n herabgebogene Röhre verbundenen Kugeln A und B, worin etwas Schwefeläther enthalten iſt. Eine derſelben A iſt mit Muſſelin umwickelt, in der andern B und dem Röhrentheil über derſelben iſt ein Thermometer t befindlich. Man ſucht vor dem eigentlichen Verſuche allen Äther in die Kugel B zu bringen, entweder durch Umkehrung des Apparates, oder beſſer durch Erwärmung der Kugel A, indem man ſie in die Hand nimmt, wodurch der Äther

als eine ſehr flüchtige Subſtanz verdünſtet, in B aber wieder zu tropfbarem Äther wird und ſich dort anſammelt. Nun erſt beginnt der hygroſcopiſche Verſuch. Es wird nähmlich die mit Muſſelin umhüllte Kugel äußerlich mit Äther befeuchtet. Durch die Verdünſtung des auf der Muſſelinhülle vorhandenen Äthers entſteht eine ſolche Kälte, daß der im Innern beſtehende Ätherdunſt ſich in tropfbaren Äther verwandelt, und mithin in B neue Ätherdünſte zum Erſatz der niedergeſchlagenen entſtehen. Durch dieſe ſtarke Verdünſtung des Äthers im Innern der Kugel B entſteht nun auch hier eine bedeutende Kälte, wodurch das dort befindliche Thermometer ſinkt. Iſt die Kugel A ſo weit erkältet, daß der Waſſerdunſt in der nächſten äußern Luftſchichte in tropfbares Waſſer zu übergehen anfängt: ſo bildet ſich an dieſer Kugel rings um die Oberfläche des Äthers ein ſchmaler Thauring. Das in derſelben Kugel befindliche Thermometer zeigt den Thaupunct an. — Denſelben Zweck hat Körners Hygrometer, welches in der Zeichn. 120. abgebildet iſt. Es iſt dasſelbe ein Queckſilberthermometer, bey welchem die Röhre, ehe ſie die Kugel erreicht, nach aufwärts gebogen, die Kugel ſelbſt aber in feinen Muſſelin gehüllt, und an der untern Hälfte mit einem feinen metallenen und vergoldeten Schälchen bedeckt iſt. Auf die Hülle von Muſſelin werden einige Tropfen Äther gethan, deſſen Verdünſtung gleichfalls Kälte erzeugt, davon die Folge ein Sinken des Queckſilbers iſt, und ein feiner Thaubeſchlag, der ſich an dem Metallſchälchen anſetzt.

Wie man ſieht, iſt der Zweck dieſer Hygrometer, den Thaupunct möglichſt genau zu beſtimmen. Aus der Dichte des Dunſtes bey dem Grade des Thaupunctes wird dann auf die Dichte desſelben bey der herrſchenden Temperatur und mithin auf den Waſſergehalt der Atmoſphäre nach §. 696. geſchloſſen.

Doch muß erinnert werden, daß es auch mittelſt dieſer Hygrometer ſchwierig ſey, den Thaupunct ganz genau aufzufinden. Daher Auguſt noch auf eine andere Weiſe es verſucht hat, den Feuchtigkeitszuſtand der Atmoſphäre zu unterſuchen. Er nannte ſeinen Apparat Pſychrometer (Naßkältemeſſer).

§. 698. Das **Pſychrometer** beſteht aus zwey empfindlichen Thermometern, die möglichſt harmonirend ſeyn ſollen. Die Kugel des einen wird immer feucht erhalten. Zu dieſem Ende iſt ſie in Muſſelin eingehüllt, welcher naß gemacht, und immerfort naß dadurch erhalten wird, daß einige Fäden von Baumwolle, die gleichfalls naß gemacht und in ein mit Waſſer gefülltes Fläſchchen geſenkt ſind, mit der Hülle in Verbindung gebracht werden. Das trockene Thermometer gibt die Temperatur der Atmoſphäre an; das feuchte aber zeigt die Abkühlung, welche durch die Verdünſtung bewirket wird. Wäre die Atmoſphäre mit Waſſerdünſten geſättigt: ſo könnten keine neuen Dünſte entſtehen. Je weniger aber dieſes der Fall iſt, deſto mehr Waſſer verdünſtet aus der naſſen Hülle, deſto tiefer ſinkt das Queckſilber in dem feuchten Thermometer, und hört erſt auf zu ſinken, wenn in dem um die Kugel befindlichen Raume das Maximum der Verdünſtung eingetreten iſt. Je größer mithin der Unterſchied der beyden Thermometerſtände, deſto mehr entfernt iſt der Feuchtigkeitszuſtand der Atmoſphäre von dem Sättigungszuſtande, und deſto mehr Waſſer könnte ſie noch in ſich aufnehmen. Eben darum, weil dieſer Apparat die Verdünſtungskälte anzeigt, hat er den Nahmen **Pſychrometer** (Naßkältemeſſer) erhalten. — Begnügt man ſich nun damit, im Allgemeinen zu erfahren, ob die Luft für die jedesmahlige Temperatur an Feuchtigkeit zunimmt oder abnimmt: ſo hat man weiter nichts als jenen Unterſchied der Thermometerſtände zu beobachten. Wünſcht man aber die eigentliche Menge der Waſſerdünſte, die Dichte derſelben zu erfahren, oder (was dasſelbe iſt) wünſcht man zu wiſſen, wie viele Grane Waſſers etwa in einem Cubikfuße Luft enthalten ſeyen: ſo ſind dazu gewiſſe Formeln nöthig. Auch hat man der Bequemlichkeit wegen Tabellen berechnet, in welchen für jede Temperatur der Atmoſphäre und jede Differenz der beyden Thermometerſtände der Waſſergehalt aufgeſucht werden kann. — Nur ſo viel muß hier noch bemerkt werden, daß der **Grad der Verdünſtungskälte**, den das feuchte Thermometer anzeigt, nicht zu verwechſeln ſey mit dem **Thaupuncte** oder demjenigen Kältegrade, bey welchem ein Theil des Waſſerdunſtes ſich

in tropfbares Waſſer verwandelt, und mithin der überbleibende Dunſt im Zuſtande der größten Dichte ſich befindet, die ihm für die vorhandene Temperatur möglich iſt. Dieſen Thaupunct anzugeben, war der Zweck des Daniell'ſchen Hygrometers (§. 697.). Der Grad der Verdünſtungskälte aber, welche an dem befeuchteten Thermometer des Pſychrometers durch die Bindung der Wärme beym Übergange des Waſſers in Dunſt entſteht, iſt ein höherer, und liegt (nach Auguſt's Beobachtungen) beynahe in der Mitte zwiſchen der Temperatur der Atmoſphäre und dem Thaupuncte.

Nähere Angabe der Ergebniſſe aus den Beobachtungen des Pſychrometers. Es ſind folgende:

1. Die Expanſivkraft (Spannkraft) des vorhandenen Waſſerdunſtes. 2) Der Thaupunct. 3) Der Sättigungszuſtand der Atmoſphäre. 4) Das abſolute Gewicht des vorhandenen Dunſtes für einen gegebenen Raum.

Im Anhange wird das ganze Verfahren angegeben, aus gewiſſen dort angeführten Tabellen, mittelſt einer Formel, die Spannkraft des vorhandenen Waſſerdunſtes, und dann das Übrige zu beſtimmen.

Auch Leslie's Hygrometer beruht auf der Verdünſtungskälte. Es iſt in der Zeichn. 121. abgebildet, und eigentlich ein Differenzialthermometer, deſſen eine Kugel eine Hülle von Floretſeide hat. Sie wird befeuchtet, und mittelſt einiger Fäden, die mit ihr verbunden ſind und in ein mit Waſſer gefülltes Gefäß reichen, immer feucht erhalten. Je ſtärker das Waſſer aus der Hülle verdünſtet, deſto größer iſt die Abkühlung, deſto mehr fällt die Flüſſigkeit in der andern Röhre. Auch hier wird endlich der Stand der Flüſſigkeit ſtationär. —

§. 699. Außer den angegebenen Methoden ſind von den Phyſikern auch andere Mittel angewendet worden, den Feuchtigkeitszuſtand der Luft zu unterſuchen. Sie bedienten ſich dazu ſolcher Körper, die das Waſſer aus der Atmoſphäre mehr oder weniger in ſich aufnehmen. Dergleichen gibt es unzählige; darunter gehören: thieriſche Membranen, Darmſaiten, Haare, Fiſchbein, Federkiele, trockene Pflanzen, Grannen der Gräſer, Holz, Papier; ferner verſchiedene Salze, beſonders Potaſche

und ſalzſaure Kalkerde; dann Glas, Thonſchiefer, verſchiedene Steine; viele tropfbare Flüſſigkeiten, als Weingeiſt, concentrirte Schwefelſäure, andere Säuren u. d. m. Natürlicher Weiſe nehmen dieſe Körper durch ihre Verbindung mit Waſſer an Gewichte zu. Auch ändern viele derſelben ihre Dimenſionen und ihre Geſtalt. Beſonders diejenigen, bey denen das Letztere der Fall iſt, benützte man zur Conſtruction von Hygrometern. Um dazu dienlich zu ſeyn, ſoll ein ſolcher Körper nicht nur das Waſſer aus den Dünſten leicht anziehen, ſondern auch dasſelbe, wenn die Atmoſphäre trockener wird, eben ſo leicht entlaſſen. Da übrigens alle dergleichen Hygrometer durch das oben angegebene Pſychrometer erſetzt werden: ſo ſoll hier nur von Sauſſure's Haarhygrometer etwas ausführlicher geſprochen werden, indem ſich dieſes am längſten im Gebrauche erhalten hat, auch vor allen übrigen den Vorzug verdient.

Von den übrigen ſoll nur Einiges in den Zuſätzen zu dem folgenden Paragraphe kurz bemerkt werden.

In Beziehung auf diejenigen Körper, welche durch Aufnehmen der Feuchtigkeit wahrnehmbare Veränderungen erleiden, hat die Erfahrung Folgendes gelehrt: Papier, Pergament, Horn dehnen ſich nach allen Richtungen aus; bey Holz, Knochen, Fiſchbein iſt die Ausdehnung merklicher quer gegen die Richtung der Faſern (nach der Breite), ganz unbedeutend aber nach der Richtung derſelben; Haare verlängern ſich, Grannen winden ſich auf, Darmſaiten ſchwellen und drehen ſich dadurch auf.

§. 700. Das Haarhygrometer. Die hygroſcopiſche Subſtanz dieſes in der Zeichnung 122. abgebildeten Apparates iſt ein weiches, blondes, wenigſtens 6 bis 8 Zoll langes Menſchenhaar, welches vor der Anwendung (um von aller Fettigkeit befreyt zu werden) in einer ſchwachen Lauge eine Zeit lang gekocht wird. Es wird dann an einem Rahmen mit dem einen Ende a in eine kleine Zange z feſt geklemmt, das andere Ende b aber an dem Umfange einer äußerſt beweglichen kleinen Rolle r angeheftet. An dieſe Rolle wird zugleich ein Faden geheftet, der ein (einige Grane wiegendes) Gewichtchen g trägt.

Der Faden wird ſo angebracht, daß der Zug des Gewichtchens das Haar ſpannt. Verlängert ſich nun durch Feuchtigkeit das Haar, ſo ſinkt das Gewichtchen etwas; verkürzt ſich das Haar, ſo wird das Gewichtchen gehoben. In beyden Fällen wird die kleine Rolle gedreht. An der Axe derſelben c iſt ein Zeiger c d angebracht, der ſich demnach bey den Verlängerungen und Verkürzungen des Haares bewegt, und an einem Kreisbogen k k die Grade der Feuchtigkeit oder Trockniß angibt. Dieſer Kreisbogen nähmlich iſt die Scale. Um die Eintheilung derſelben in Grade zu erhalten wird der Apparat in eine mit atmoſphäriſcher Luft gefüllte, auf einem Teller mit Waſſer ſtehende Glasglocke geſetzt, deren Wände früher auch mit Waſſer ſind befeuchtet worden. Der Zeiger bewegt ſich nun, bleibt aber endlich nach einer Zeit unbeweglich ſtehen. Der Punct an der Scale, auf den er hinweiſet, iſt für das Hygrometer der Punct der größten Feuchtigkeit. Man bringt nun den Apparat unter eine trockene Glocke, welche über ein ſtark erhitztes Blech geſetzt wird, auf dem ſich wohl durchgeglühte Pottaſche, oder ein anderes ſtark austrocknendes Salz befindet. Der Zeiger bewegt ſich rückwärts und bleibt endlich auch an einem Puncte ſtehen, den man den Punct der größten Trockniß nennt. Jenen erſten Punct bezeichnet man mit o, den zweyten aber mit 100, den Bogen zwiſchen beyden theilt man in hundert gleiche Theile oder Grade. —

Gegen dieſes Hygrometer laſſen ſich indeſſen erhebliche Einwendungen machen. Denn 1) wenn dasſelbe auf 100 (den Punct der höchſten Feuchtigkeit) hinweiſen ſollte, würde es richtig zeigen; allein nicht dasſelbe gilt für geringere Hygrometergrade. Ein ſolcher Grad iſt keineswegs der Feuchtigkeitsgrad. Erſt durch eigene Verſuche müßte beſtimmt werden, welchem Feuchtigkeitsgrade jeder Hygrometergrad entſpreche. Solche Verſuche wurden wirklich (von Gay-Luſſac und Melloni) angeſtellt, allein die Ergebniſſe ſtimmen nicht ſehr überein. Vielleicht liegt der Grund darin, daß verſchiedene Haare nicht gleiche Reſultate geben. Dann aber wäre es nicht leicht möglich, correſpondirende Inſtrumente zu erhalten, was ein ſehr mißlicher Umſtand iſt. — 2) Das Haar verliert mit der Zeit ſeine Empfindlichkeit, nach und nach rücken die Fundamentalpuncte einander immer näher. — Dieſes gilt überhaupt von allen Hygrometern aus den organiſchen Reichen.

Übrigens hängt die Menge des Waſſers, welche von dem Haare aufgenommen wird, ab von der Anziehung des Haares, aber auch von dem großen oder kleinen Beſtreben der Dünſte, ausdehnſam zu bleiben, mithin von dem Umſtande, wie weit der Feuchtigkeitszuſtand der Atmoſphäre von dem Sättigungszuſtande entfernt iſt. Und wie auf dieſen Umſtand die Wärme einwirkt, davon iſt bereits die Rede geweſen. Derſelbe Grad am Hygrometer deutet daher bey einer höheren Temperatur auf eine andere Feuchtigkeitsmenge, als bey einer tieferen. Man hat eben deßhalb Tabellen über Hygrometerſtände bey verſchiedenen Temperaturen. Eine mit ſehr vielem Fleiße ausgearbeitete hat unter andern Winkler geliefert (ſ. Winkler's Tafel für Hygrometerſtände bey verſchied. Wärmegr., Halle 1826).

Dem Haarhygrometer des Sauſſure in der Einrichtung des Ganzen ähnlich iſt Deluc's Fiſchbeinhygrometer. In dieſem iſt die hygroſcopiſche Subſtanz ein ſehr dünnes Streifchen von Fiſchbein, welches nach der Quere der Fibern geſchnitten, und nur etwa 6 Zoll lang iſt. Das eine Ende desſelben wird in ein Zänglein feſtgeklemmt, das andere Ende mit einem feinen Drahte, und dieſer mit dem Umfange einer kleinen Rolle verbunden. Zur Spannung des Fiſchbeinſtreifchens dient eine elaſtiſche Feder oder ein Gegengewichtchen. Um den Punct der größten Feuchtigkeit zu beſtimmen, hatte Deluc ſein Hygrometer in Waſſer getaucht; zur Beſtimmung des Punctes der höchſten Trockniß ſetzte er es auf einige Zeit in ein Behältniß, worein früher gebrannter Kalk war gethan worden. Die Eintheilung der Scale iſt dieſelbe wie an Sauſſure's Hygrometer. Beyde Hygrometer ſtimmen aber in den Zwiſchengraden mit einander nicht überein, wie ſich leicht begreifen läßt.

Deluc hatte vor ſeinem Fiſchbeinhygrometer auch ein Elfenbeinhygrometer conſtruirt. Die hygrometriſche Subſtanz war ein kleiner, dünner, hohler, elfenbeinerner Cylinder (2″ 8‴ lang, inwendig $2^1/_2$‴ weit), der mit einer Glasröhre verbunden wurde. Das Ganze wurde bis zu einer gewiſſen Höhe mit Queckſilber gefüllt. Durch Feuchtigkeit wurde der Cylinder weiter, das Queckſilber fiel; die entgegengeſetzte Wirkung wurde durch Trockenheit hervorgebracht. — Auf eine ähnliche Weiſe hat man ſich auch eines Federkiels bedient. — Bey Voigts Hygrometer aber iſt ein ſpiralförmig geſchnittenes Streifchen aus einem Federkiele die hygroſcopiſche Subſtanz. — Die Darmſaiten drehen ſich durch Feuchtigkeit auf, und winden ſich, wenn ſie trocknen, durch eigene Elaſticität wieder zu. Wird das eine Ende der Saite befeſtigt, und an dem andern irgend ein Zeiger angebracht, ſo hat man eine Art

Hygroſcop. Statt eines Zeigers laſſen ſich leichte Körper von allerley Geſtalt anbringen. Dieſe Einrichtung haben die hygroſcopiſchen Spielwerke, bey denen z. B. eine Figur einen Regenſchirm bald hinauf, bald hinab hält u. d. m. Ein Stückchen Darmſaite iſt hier horizontal mit dem einen Ende in eine kleine Röhre feſtgemacht, mit dem andern am Drehungspuncte des beweglichen Armes der Figur befeſtigt. —

In Wilſons Hygrometer iſt die hygroſcopiſche Subſtanz eine im kalten Waſſer gereinigte Rattenblaſe, mit der Mündung etwas über eine Thermometerröhre gezogen, und mit einem darum gewundenen Faden an die Röhre befeſtigt. Das Ganze wird daun mit Queckſilber bis zu einer gewiſſen Höhe gefüllt. Durch Feuchtigkeit dehnt ſich die Blaſe aus, das Queckſilber fällt; durch Trockniß zieht ſie ſich zuſammen, und das Queckſilber ſteigt. Den Punct der größten Feuchtigkeit zu erhalten, wird die Blaſe in Waſſer getaucht von der Temperatur 15°,5 des hunderttheiligen Thermometers; um den Punct der größten Trockniß zu haben, wird der ganze Apparat (oder wenigſtens die Blaſe) in einen Recipienten geſetzt, unter welchem eine Quantität Schwefelſäure (deren ſpecifiſches Gewicht = 1,850 iſt) ſich befindet. Es iſt empfindlich, wird es aber immer weniger, und wäre ſchon darum kein Apparat zum wiſſenſchaftlichen Gebrauche.

Vor Kurzem hat es Delacombe verſucht, ein Holzhygrometer zu conſtruiren. (Bullet. de la Soc. d'inv. 1832. Mars.)

Zu einem Feuchtigkeitsmeſſer, deſſen hygroſcopiſche Subſtanz durch Zu- oder Abnahme ihres Gewichtes auf den Waſſergehalt der Atmoſphäre hindeutet, hat Lowitz, ein Petersburger Chemiker, einen Thonſchiefer, den er im Jahre 1772 zu Aſtrachan an den Ufern der Wolga gefunden hatte, und welcher die Feuchtigkeit in ſehr hohem Grade anzieht, und leicht wieder ausdünſten läßt, angewendet. Er machte dünne Scheiben aus dem Schiefer, und wog eine ſolche Scheibe ab, ſowohl in dem Zuſtande, wo ſie ihrer Feuchtigkeit durch Hitze möglichſt beraubt war, als auch nachdem ſie Feuchtigkeit aus der Atmoſphäre eingeſaugt hatte. — Brunner ließ ein gegebenes Volumen Luft durch eine abgewogene kleine Quantität concentrirter Schwefelſäure ſtreichen, und ſuchte durch nochmahlige Abwägung der letzteren, wie viel ſie an Gewichte gewonnen habe. Für das Verfahren bediente er ſich eines eigenen, übrigens einfachen Apparates (ſ. Pogg. Ann. XX. 274).

Anwendung der Dämpfe zu beſtimmten Zwecken.

§. 701. Man hat in unſeren Zeiten vorzüglich zweyerley Anwendungen von Dämpfen gemacht, deren hier noch erwähnt werden ſoll, nähmlich: Anwendung der in den Dämpfen gebundenen Wärme zur Erwärmung der Körper und Anwendung der Expanſivkraft der Dämpfe als bewegende Kraft. — Andere Benützungen der Verdampfung ſind bereits gelegenheitlich angegeben worden.

§. 702. Die Anwendung der Dämpfe zur Erwärmung erfordert eine eigene Vorrichtung, Dampfapparat genannt. Die Theile derſelben ſind folgende: 1) Der Dampfkeſſel A (Zeichn. 123.), welcher mit dem zu verdampfenden Waſſer bis auf eine gewiſſe Höhe (etwa auf zwey Drittel) gefüllt iſt. Er wird möglichſt frey im Ofen angebracht, um von der Flamme überall beſpielt zu werden. 2) Der Waſſerbehälter, mittelſt deſſen nicht nur der Keſſel anfangs gefüllt wird, ſondern welcher auch dient, das im Keſſel abgängige Waſſer wieder zu erſetzen. Es iſt dieſes ein Behältniß B, welches mit dem Keſſel durch eine Röhre rs in Verbindung ſteht. 3) Der Regulator, eine Vorrichtung nähmlich, welche hindert, daß das Waſſer im Keſſel nie die beſtimmte Höhe überſteige. Dieſes kann auf verſchiedene Weiſe erreicht werden. Gewöhnlich bedient man ſich dazu eines an der Röhre rs angebrachten Hahnes h, der, je nachdem er mehr oder weniger gedreht wird, das Waſſer durchfließen läßt oder nicht. Damit die gehörige Drehung von ſelbſt erfolge, iſt der Hahn mittelſt eines Hebels oder zweyer Arme a, a mit einem Schwimmer w verbunden, d. i. mit einem hohlen Cylinder, oder einer Kugel, die ihres kleinen ſpecifiſchen oder vielmehr relativen (§. 215. Zuſ.) Gewichtes wegen auf dem Waſſer ſchwimmt. Die Einrichtung iſt ſo getroffen, daß, wenn die gehörige Waſſerhöhe vorhanden iſt, der Hahn durch den Schwimmer verſchloſſen gehalten wird. Wird Waſſer abgängig, ſo ſinket der Schwimmer; der Hahn öffnet ſich, Waſſer fließt zu, hebt den Schwimmer, und der Hahn ſchließet ſich. Statt eines Hahnes kann auch ein an der Mündung der Röhre

angebrachtes Ventil durch einen Schwimmer verſchloſſen gehalten werden, welches aber, ſobald die Waſſerhöhe abnimmt, durch ſein eigenes Gewicht und den Druck des Waſſers im Behälter ſich öffnet. 4) Ein Cylinder C, der die Waſſerdämpfe zunächſt aufnimmt. Er wird mit einem Ventile v verſehen, welches ſich öffnet, wenn die Expanſivkraft des Dampfes zu groß würde. Man nennet es das Sicherheitsventil. 5) Die Leitungsröhren L, L, durch welche der Dampf an beliebige Orte geleitet wird. Sie müſſen die für den jedesmahligen beabſichtigten Gebrauch nöthige Richtung haben, auch mit Hahnen verſehen ſeyn, um die eine oder die andere Röhre nach Belieben zu öffnen oder abzuſchließen.

Die Anwendung der Dämpfe zur Erwärmung iſt ſehr mannigfaltig. Wird eine Leitungsröhre durch ein mit Waſſer oder einer andern Flüſſigkeit gefülltes Behältniß geleitet: ſo wird dieſe Flüſſigkeit erhitzet; ſie kann daher bis nahe zum Siedepuncte, aber (aus bereits in §. 681. angegebenen Gründen) nie bis zum Sieden gebracht werden, ausgenommen der Dampf habe eine etwas bedeutende Spannung. Wird der Dampf in Röhren von einem beträchtlichern Durchmeſſer durch ein Gemach geleitet: ſo wird dieſes erwärmt; alſo geheitzt. Andere Anwendungen ergeben ſich von ſelbſt.

Beyſpiele von derley Anwendungen der Dämpfe: Beym Kochen der Speiſen, bey Badeanſtalten, bey pharmaceutiſchen Verrichtungen, bey Färbereyen und Druckereyen, bey der Eſſigſiederey, Salzſiederey u. d. m.

Vortheile dieſer Benützung der Dämpfe. Deren ſind mehrerley: 1) Feuerſicherheit. Man kann die Feuerungsſtelle an der feuerſicherſten Stelle anlegen, und die Operation des Kochens, Darrens u. ſ. w. an andern beliebigen Orten vornehmen. 2) Ein gleichmäßiger Grad der Erwärmung, der für mehrere Operationen von einer ohnedieß bekannten Erheblichkeit iſt. 3) Relative Erſparung an Brennmaterial dort, wo mehrere Heitzungen, Abkochungen u. d. m. bezweckt werden. Denn freylich kann der Dampf bey ſeiner Umwandlung zu Waſſer nur jene Wärme abgeben, die er erhalten hat. Allein nicht alle durch die Feuerung erregte Wärme wird zu dem jedes Mahl beabſichtigten Zwecke wirklich verwendet, ein Theil geht an die Erhitzung der

Umgebungen, ein anderer durch den heißen Rauch u. ſ. w. verloren. Wo nun mehrere Operationen durch mehrere einzelne Feuerungen bewirkt werden, ſummiren ſich dieſe Verluſte; braucht man nur eine Feuerſtelle, ſo geſchieht der Verluſt nur einmahl. Die Feuerung muß dann freylich größer ſeyn; doch keineswegs zweymahl oder dreymahl ſo groß, um zwey oder drey Feuerungen zu erſetzen.

Einige Bemerkungen, betreffend die Dampfapparate. Den Dampfkeſſel, der nach den verſchiedenen beabſichtigten Zwecken eine verſchiedene Größe haben muß, macht man gewöhnlich von Kupfer. Man verſieht ihn auch unten mit einer Röhre ſammt Hahn, welche zum Ablaſſen des Waſſers dient, um den Keſſel von den ſich aus dem Waſſer abgeſetzten erdigen und ſalzigen Theilen zu reinigen. — Statt des Keſſels kann man ſich auch mehrerer mit einander verbundener Röhren bedienen. Die Zeichn. 124. iſt eine Abbildung eines ſolchen Röhrenſyſtems. Die Röhre m n erhält aus dem Behälter g Waſſer, welches in die mit m n verbundenen parallelen Röhren a b, a b, a b ſich begibt, und, weil das Ende b etwas höher liegt als a, dieſe Röhren nur etwa auf $^2/_3$ ihres Rauminhaltes füllt. Die Röhren werden erhitzt; das Waſſer bildet Dämpfe, dieſe gehen aus den Röhren a b, a b, a b in die Querröhre c d, aus dieſer in die gebogene Röhre e f, aus dieſer endlich in die Leitungsröhren. Dieſe Dampfröhren geben etwas mehr Dampf als ein Keſſel von demſelben Rauminhalte bey derſelben Feuerung in einer beſtimmten Zeit gibt. Überdieß aber (was die Hauptſache iſt) können die Wände der Röhren bedeutend dünner ſeyn als die eines Keſſels von gleichem Rauminhalte, um der Expanſivkraft des Dampfes hinreichend zu widerſtehen.

Statt eines Schwimmers kann man ſich als Regulator auch einer umgekehrt heberförmig gebogenen communicirenden Röhre a b c (Zeichn. 125.) bedienen. Hat das Waſſer eine Höhe, die über die Horizontalebene h h reicht: ſo fließt Waſſer bey c aus. Bey dieſer Einrichtung muß der Hahn des Behälters durch einen Arbeiter gedreht werden, um Waſſer nachzufüllen. — Wäre zu wenig Waſſer im Keſſel: ſo würde, auch durch den Druck des Dampfes, Waſſer aus c getrieben. Geſetzt, das Waſſer in a b werde bis m hinabgedrückt; dann widerſteht der Druck der Waſſerſäule c n ſammt dem Drucke der Atmoſphäre der Expanſivkraft des Dampfes. Es iſt gut, die Röhre a b ſo tief zu führen, daß der Druck der Atmoſphäre ſammt einer Waſſerſäule c n hinreiche, der größten Expanſivkraft zu widerſtehen, die der Dampf annehmen darf. — Es iſt ferner räthlich, die Röhre a b c, ſtatt an den Keſſel ſelbſt, an ein

anderes mit dem Keſſel communicirendes Gefäß anzubringen, weil die wallende Bewegung des ſiedenden Waſſers dasſelbe über den eigentlichen Waſſerſpiegel hebt.

Man gibt bey Heitzanſtalten den Leitungsröhren eine ſolche Lage und Einrichtung, daß entweder durch ſie ſelbſt, oder (beſſer) durch eigene daran angebrachte Röhren, der durch Abkühlung zerſetzte Dampf als tropfbares Waſſer in das Nachfüllungsgefäß zurückfließt.

§. 703. Als bewegende Kraft bedient man ſich des Dampfes hauptſächlich bey den eben daher benannten Dampfmaſchinen, deren Zweck es iſt, theils andere beliebige Maſchinen mittelbar in Bewegung zu ſetzen, theils auch ſich ſelbſt nebſt irgend einem mit ihnen in Verbindung geſetzten Gegenſtande progreſſiv fortzubewegen, wie dieſes bey Dampfbooten, Dampfwägen u. d. m. Statt findet. — Wollte man eine jede mittelſt der Expanſivkraft des Dampfes in Bewegung geſetzte Vorrichtung eine Dampfmaſchine nennen: ſo wäre ein ſolche ſchon eine um ihre Axe drehbare Äolipile, aus deren Röhre, die nach Art der bey Segner's Rade gebräuchlichen gebogen iſt, der heiße Waſſerdampf ausſtrömet (§. 679. Zuſ.). Wir wollen indeſſen hier nur die Dampfmaſchinen mit Kolben in Betrachtung ziehen, und unſer Zweck iſt, bloß die Möglichkeit einer ſolchen Bewegung und ihren phyſiſchen Grund anzugeben. —

Die Haupttheile einer ſolchen Maſchine ſind: Der Dampfkeſſel, in welchem das Waſſer in Dämpfe verwandelt wird; der Stiefel, in welchem der Dampf als bewegende Kraft wirkt; der Kolben, welcher der unmittelbar durch den Dampf bewegte Körper iſt; der Condenſator, ein Behältniß, in dem die Dämpfe wieder zu tropfbarem Waſſer werden, welches man auch (etwas uneigentlich) das Condenſiren (Verdichten) derſelben nennet, und welches freylich mit dem eigentlichen Dichtermachen des Dampfes, als Dampf, nicht zu verwechſeln iſt; — ferner verſchiedene Communicationsröhren, welche zur Verbindung der genannten Theile dienen; endlich Hähne oder Ventile, welche die Gemeinſchaft dieſer Theile bald aufheben, bald herſtellen, nebſt Vorrichtungen, um das Auf- und Abdrehen der Hähne (das Spiel derſelben) von ſelbſt zu verrichten, ſobald die

Maſchine nur einmahl im Gange iſt, was man die Steuerung nennt.

Es ſey AB (Zeichn. 126.) der Cylinder oder Stiefel, und k der Kolben. Man denke ſich, daß aus dem Dampfkeſſel Dämpfe unter den Kolben k gebracht werden, und über dem Kolben die Luft entweichen könne: ſo wird der Kolben in die Höhe getrieben. Man denke ſich nun, daß ſobald der Kolben ganz oben iſt, dem Dampfe unter k ein Ausgang geöffnet werde, indem zu gleicher Zeit die Dämpfe in den nun abgeſperrten Raum über k eindringen; ſo ſieht man von ſelbſt, daß jetzt der Kolben durch den Druck dieſer Dämpfe werde hinabgetrieben werden. Wird nun aus den Räumen über und unter k immer abwechſelnd der eine mit Dampf gefüllt, indem aus dem andern der Dampf entweichen kann: ſo muß der Kolben auf und ab bewegt werden; und alles, was mit der Kolbenſtange s t in Verbindung iſt, wird auch mit bewegt, wenn die Expanſivkraft jener Dämpfe dazu hinreicht. Iſt z. B. ein um einen Drehungspunct beweglicher Balken Bb (ein ſogenannter Balancier) mit ihm in Verbindung: ſo wird auch dieſer auf und ab bewegt, und kann mithin die Bewegung weiter mittheilen. Dieſe Expanſivkraft muß aber (wie die Sache hier einſtweilen dargeſtellt wird) außer der hervorgebrachten Bewegung auch den Gegendruck der Atmoſphäre überwinden. Man ſieht nun von ſelbſt ein, daß es weit vortheilhafter ſeyn werde, wenn der Dampf, den wir uns einſtweilen als fortgeſchafft gedacht haben, in tropfbares Waſſer verwandelt, und ſo der Raum, den er eingenommen hat, luft- und dampfleer wird. Wird demnach der Raum A mit dem Dampfe gefüllt: ſo wird B dampfleer und umgekehrt. Wie wird aber dieſe Verwandlung der Dämpfe in tropfbares Waſſer bewirkt? Dadurch, daß derjenige Raum, worin der Dampf aufhören ſoll, durch Öffnung eines Hahnes oder Ventiles mit einem Behältniſſe in Verbindung kommt, in welches kaltes Waſſer eingeſpritzt wird. Sobald der Dampf in dieſes Behältniß tritt, ſo zerſetzt ſich ein großer Theil desſelben durch Abkühlung (§. 680.), und zwar nicht nur in dem Behältniſſe ſelbſt, ſon-

dern auch in dem damit verbundenen Raume A oder B. Dieſes Behältniß iſt der oben erwähnte Condenſator.

Wie aber das Drehen der Hähne, oder Öffnen und Schließen der Ventile, das Wegſchaffen des aus dem zerſetzten Dampfe entſtandenen Waſſers u. ſ. w. durch den Gang der Maſchine ſelbſt bewerkſtelliget werde, — dieſes im Beſondern und mit derjenigen Ausführlichkeit, welche allein von praktiſchem Nutzen iſt, zu zeigen, iſt ein Geſchäft der praktiſchen Maſchinenlehre. Dasſelbe gilt von der Vergleichung des Feuerungsaufwandes bey den verſchiedenen Gattungen von Dampfmaſchinen, von der Berechnung des Effectes u. ſ. w.

Indeſſen dürfte doch, da die Dampfmaſchinen, ihrer ſo mannigfaltigen Anwendbarkeit wegen, ein allgemeines Intereſſe erregen, es wohl manchem Leſer nicht unangenehm ſeyn, die Verzeichnung der Hauptheile einer ſolchen Maſchine hier kurz angedeutet zu finden. Dazu möge die Zeichn. 127. dienen. D iſt der Dampfkeſſel, AB der Cylinder, K der Kolben, C der Condenſator. An dem Dampfkeſſel iſt n ein Nachfüllungs-Behältniß, ähnlich dem eines Dampfapparates (§. 702.); ab iſt ein kleiner Hebel, an deſſen einem Arme ein Schwimmer m, an deſſen anderm Arme ein leichteres Gegengewicht g angebracht iſt; an der Stange d iſt ein Stöpſelventil, welches die Mündung der Röhre uu ſchließt. Sinkt das Waſſer im Keſſel: ſo ſinkt auch m, die Stange d hebt ſich ſammt dem Stöpſel, und es fließt Waſſer in den Keſſel zu. S iſt ein Sicherheitsventil, ein Kegelventil nähmlich, welches der Dampf durch ſeine Expanſivkraft zu heben ſucht, und wirklich hebt, wenn die Kraft größer wird, als das entgegen wirkende Gewicht des Ventils. Dieſes Gewicht läßt ſich durch Belaſtung des Ventils vermehren. — Aus dem Keſſel gehen die Dämpfe durch die Röhren RR in die Communicationsröhren cc und c′c′. Aus dieſen können ſie in den Raum A über dem Kolben K ſich begeben, oder in den Raum B unter dem Kolben. Ob jenes geſchehe oder nicht, hängt ab von der Stellung des Ventiles V; ob das letztere geſchehe oder nicht, hängt ab von der Stellung eines Ventiles v. Das Ventil V′ aber dient, um den Dämpfen aus dem obern Raume in den Condenſator C einen Weg zu öffnen; dasſelbe leiſtet das Ventil v′ für den untern Raum B. Die Ventile V und v′ ſind durch die Stange H verbunden, beyde öffnen ſich zugleich, durch V geht der Dampf nach A, durch v′ geht er aus B hinaus in den Condenſator; ſie ſchließen ſich auch zugleich, indem ſich zu derſelben Zeit die Ventile V′

und v öffnen, wovon das erſtere die Dämpfe aus A in den Condenſator leitet, das letztere den Raum B aus dem Keſſel füllt. In dem Condenſator ſieht man einen Strahl kalten Waſſers, wodurch die Dämpfe condenſirt werden, und relativ leerer Raum entſteht. So geht denn der Kolben K auf und ab, und bewegt mittelſt der Kolbenſtange den Balancier M N. An demſelben Balancier wird die Stange t t auf und ab bewegt, und dienet ſowohl die Hebel H und h in Bewegung zu ſetzen, um die Ventile V, V', v, v' gehörig zu ſtellen, als auch einen Kolben E auf und ab zu bewegen. Dieſer Kolben E dient, das in dem Condenſator ſich mehrende Waſſer weg, und in ein Seitenbehältniß s zu bringen. Aus dieſem wird es durch ein Pumpenrohr p p, deſſen Kolbenſtange ebenfalls durch den Balancier bewegt wird, nach U hinaufgepumpt, und fließt von hier durch die Röhre r r in das Nachfüllungsgefäß F. — Noch wäre die Frage übrig, woher das mit dem Condenſator in Verbindung ſtehende Behältniß O ſein Waſſer erhalte. Dieſes wird mittelſt der Pumpe q q aus einem äußern Waſſerbehältniſſe W hinaufgepumpt, und fließt durch die Röhre Z nach O. Die Kolbenſtange der Pumpe q q wird, wie man ſieht, ebenfalls durch den Balancier bewegt. — Man ſieht, alles wird durch den Balancier bewegt, und dieſer erhält (wie ſchon geſagt worden iſt) ſeine Bewegung durch die Kolbenſtange. — Um der Bewegung eine Gleichförmigkeit zu geben, und die Bewegung auf irgend eine andere Maſchine fortzuleiten, iſt ferner der Balancier mit einem Schwungrade in Verbindung. — Die Stangen r, r, r dienen, die Kolbenſtange T während ihrer Bewegung immer in verticaler Lage zu erhalten.

Die Dampfmaſchinen haben übrigens (wie ſich von ſelbſt verſteht) ſeit ihrer Erfindung ſehr verſchiedene Einrichtungen gehabt. Auch die jetzt gebräuchlichen ſind von verſchiedener Art. Man unterſcheidet hauptſächlich (in Beziehung auf die Größe der Expanſivkraft der Dämpfe) Dampfmaſchinen mit niederm Drucke (bey welchen die Spannkraft des Dampfes nur um ein Weniges größer iſt, als der Druck der Atmoſphäre) von denen mit hohem Drucke (bey welchen jene Spannkraft den Druck der Atmoſphäre zweymahl, dreymahl, zehnmahl auch mehrmahl überſteigt). So hat Perkins eine conſtruirt, bey der jene Spannkraft gleich kam dem Drucke von 35 Atmoſphären. — Ferner unterſcheidet man Maſchinen mit einfacher und mit doppelter Wirkung. Bey einer Maſchine der erſteren Art wird der Kolben nur nach einer Richtung durch den Dampf getrieben, nach der andern aber durch das Übergewicht des Balanciers bewegt. Dieſes geſchieht auf folgende Weiſe. Der Dampf

tritt über und unter dem Kolben ein, es wäre mithin Gleichgewicht; allein auf der Seite, die der Kolbenſtange entgegengeſetzt iſt, hat der Balancier ſo viel Übergewicht, daß er dadurch den Kolben heben kann. Iſt dieſer nun in der Höhe, ſo wird die Gemeinſchaft des unter dem Kolben befindlichen Dampfes mit dem Dampfkeſſel aufgehoben, dagegen die Gemeinſchaft zwiſchen dieſem Dampfe und dem Condenſator hergeſtellt; mithin entſteht hier dampfleerer Raum, und der über dem Kolben eintretende Dampf drückt dieſen hinab. Nun wird wieder der Raum unter dem Kolben mit dem Keſſel in Gemeinſchaft geſetzt, und das vorige Spiel wiederhohlt ſich. Der obere Raum, wie man ſieht, bleibt mit dem Keſſel immer in Verbindung. Bey den Maſchinen mit doppelter Wirkung wird der Kolben durch die Wirkung der Dämpfe abwechſelnd nach beyden Richtungen (aufwärts und abwärts) bewegt, und beyderſeits abwechſelnd condenſirt. Die in der Zeichn. 127. abgebildete Maſchine iſt eine doppelt wirkende. — Man hat ferner auch die Einrichtung getroffen, daß man den Dampf nicht ſo lange in den Raum über oder unter dem Kolben einſtrömen läßt, bis dieſer ſeinen ganzen Weg hinauf oder hinab vollendet, ſondern daß man, wenn der Kolben etwa auf dem halben Wege iſt, dem Dampfe den ferneren Zutritt verſperrt. Die noch übrige Bewegung des Kolbens wird nun durch die Ausdehnung des bereits eingetretenen Dampfes bewirkt. Solche Maſchinen nennt man Expanſionsmaſchinen. Hiebey wird nicht nur eine Erſparniß an Dampf erhalten, ſondern auch (weil die Geſchwindigkeit gegen das Ende jedes Kolbenzuges abnimmt) die Erſchütterung vermieden, welche ſonſt bey dem Wechſel des Auf- und Niedergehens Statt findet. Um die Kraft des Dampfes bey ſeiner Expanſion ganz zu benützen, hat man auch zwey Cylinder mit einander ſo verbunden, wie es in der Zeichn. 128. abgebildet iſt. Wenn der Dampf aus dem Keſſel in den kleinern Cylinder A über den Kolben m n tritt, um ihn hinab zu bewegen, geht der unter dieſem befindliche Dampf in den größeren Cylinder B, um den Kolben p q des letztern gleichfalls hinab zu treiben; der in a″ entweichende Dampf geht in den Condenſator, um dort niedergeſchlagen zu werden. Sind die Kolben ganz unten angekommen, und tritt nun aus dem Keſſel der Dampf unter den Kolben des Cylinders A, ſo geht der über dieſem Kolben befindliche Dampf gleichfalls unter den Kolben des Cylinders B; und beyde Kolben werden nach aufwärts bewegt. Nun entweicht der Dampf aus b″ in den Condenſator, und wird gleichfalls niedergeſchlagen. Es verſteht ſich von ſelbſt, daß für den erſten Fall die Hähne a, a′, a″ geöffnet, die

drey übrigen b, b′, b″ geſchloſſen ſeyn, für den zweyten Fall b, b′, b″ offen und a, a′, a″ geſchloſſen ſeyn müſſen. Da der Cylinder B größer iſt als der Cylinder A, ſo hat der Dampf in B immer eine kleinere Expanſivkraft, als derjenige, der aus dem Keſſel in den Cylinder A übergeht. — Atmoſphäriſche Maſchinen endlich nennt man diejenigen, bey welchen der Druck der Atmoſphäre die eigentlich bewegende Kraft iſt. In einer ſolchen wird der Kolben durch das Übergewicht der Laſten auf der Seite A (Z. 129.) gehoben, wenn dem Drucke der Luft über mn, der unter mn einſtrömende Dampf das Gleichgewicht hält. Wird aber der Hahn h der Zuſtrömungsröhre z geſchloſſen, dagegen der Hahn h′ der in kaltes Waſſer geleiteten Ausſtrömungsröhre a geöffnet: ſo erzeugt ſich unter mn durch Abkühlung ein zum Theil leerer Raum, und der Druck der Luft bewegt den Kolben nach abwärts. —

Bekanntlich bedient man ſich der Dampfmaſchinen auch, um Schiffe und Wägen in Bewegung zu ſetzen. Für den erſten Zweck befindet ſich die Dampfmaſchine im Innern des Schiffes, und treibt zwey an beyden Seiten desſelben angebrachte Schaufelräder, deren Schaufeln ſich, wie Ruder, an das Waſſer ſtemmen und das Schiff fortſchieben. Auch kann bloß ein Schaufelrad in der Mitte des Schiffes angebracht ſeyn. — Bey einem Dampfwagen werden die Räder desſelben durch den Mechanismus der Dampfmaſchine umgetrieben. Die frühere Einrichtung beſtand darin, daß der Dampfwagen ſelbſt gezähnte Räder hatte, welche, indem ſie umgetrieben wurden, in die Getriebe einer Eiſenbahn eingriffen. Mit dieſem Dampfwagen wurden andere Wägen (z. B. Laſtwägen) verbunden, welche durch ihn fortgezogen wurden. Die neueren Dampfwägen haben keine gezähnten Räder; ſie gehen mittelſt der Reibung fort auf Straßen und ſogar auf Eiſenbahnen; die Reiſewägen haben keine abgeſonderten Dampfwägen. — Es iſt an ſich einleuchtend, daß auf einem Dampfboote, und noch weit mehr auf einem Dampfwagen der Raum viel zu beſchränkt iſt, um Dampfmaſchinen von beliebiger Größe zu errichten; und daß mithin hier manche Schwierigkeit zu überwinden iſt, die bey einer Dampfmaſchine für mancherley techniſche Zwecke nicht Statt findet.

Außer dieſen wohlthätigen Anwendungen der Expanſivkraft der Dämpfe hat man es auch verſucht, ſich derſelben als bewegende Kraft zum Forttreiben von Geſchützkugeln aus ſogenannten Dampfkanonen und Dampfflinten zu bedienen. Am Laufe einer ſolchen Flinte iſt rückwärts ein Hahn angebracht, in deſſen Bohrung gerade eine Kugel Platz hat. Über dem Hahne befindet ſich eine

lothrechte mit Bleykugeln gefüllte Röhre; daher bey lothrechter Stellung der Bohrung immer eine Kugel hineinfällt, bey einer Vierteldrehung aber dieſe Bohrung die Richtung des Laufes hat. Im Bodenſtücke des Laufes iſt ein Ventil angebracht, bey deſſen Öffnung Dampf aus dem Keſſel eintreten kann.

### C. Bildung und Zerſetzung der Gaſe. Verbrennungsprozeß. Bildung von Säuren und Oxyden. Bildung des Waſſers. Anwendungen des Verbrennungsprozeſſes. Eudiometrie.

§. 704. Was man unter Gas verſtehe, iſt ſchon (§. 396.) geſagt worden. Auch dieſe ausdehnſamen Flüſſigkeiten ſtellt man ſich vor als zuſammengeſetzt aus einer wägbaren Grundlage und dem Wärmeſtoffe. Denn zu der Bildung von manchen derſelben wird offenbar Wärme erfordert, und bey der Zerſetzung von manchen offenbar Wärme erzeugt. So z. B. entwickelt ſich brennbares Gas aus organiſchen Stoffen, wenn dieſe erhitzt werden; aus gemeinem Kalk erhält man durch Erhitzung (ſogenanntes Brennen desſelben) kohlenſaures Gas u. d. m. Andererſeits iſt eine der wichtigſten und auffallendſten Zerſetzungen eines Gas, wobey bedeutende Wärme entwickelt wird, diejenige, welche bey der Verbrennung Statt findet, wie in den folgenden Lehren gezeigt werden ſoll. Übrigens aber wird dieſe Analogie der Gaſe oder Luftgattungen mit den Dämpfen nicht durchgängig von der Erfahrung beſtätigt. Denn manchmahl entſteht umgekehrt, wenn ein Gas gebildet wird, Wärme ſtatt Kälte (wie z. B. wenn aus dem kohlenſauren Kalk durch Aufgießung von Salzſäure die Kohlenſäure ausgetrieben wird). Da indeſſen bey der Bildung der Luftgattungen oft mehrere chemiſche Einwirkungen zugleich vorhanden ſind, und Capacitätsänderungen vorgehen: ſo iſt die Urſache der erwähnten Bindung oder Entbindung freyer Wärme nicht überall vollkommen ins Klare geſetzt.

Da die Luftgattungen ſich durch Abkühlung nicht ſo wie die Dämpfe zerſetzen laſſen: ſo ſieht man die Verbindung der Grundlage einer Luftart mit dem Wärmeſtoffe für eine innigere an. Daß indeſſen zwiſchen den Lüften und Dämpfen keine ſtrenge Gränze gezogen werden könne, iſt ſchon bemerket worden (§. 396.). Beſonders

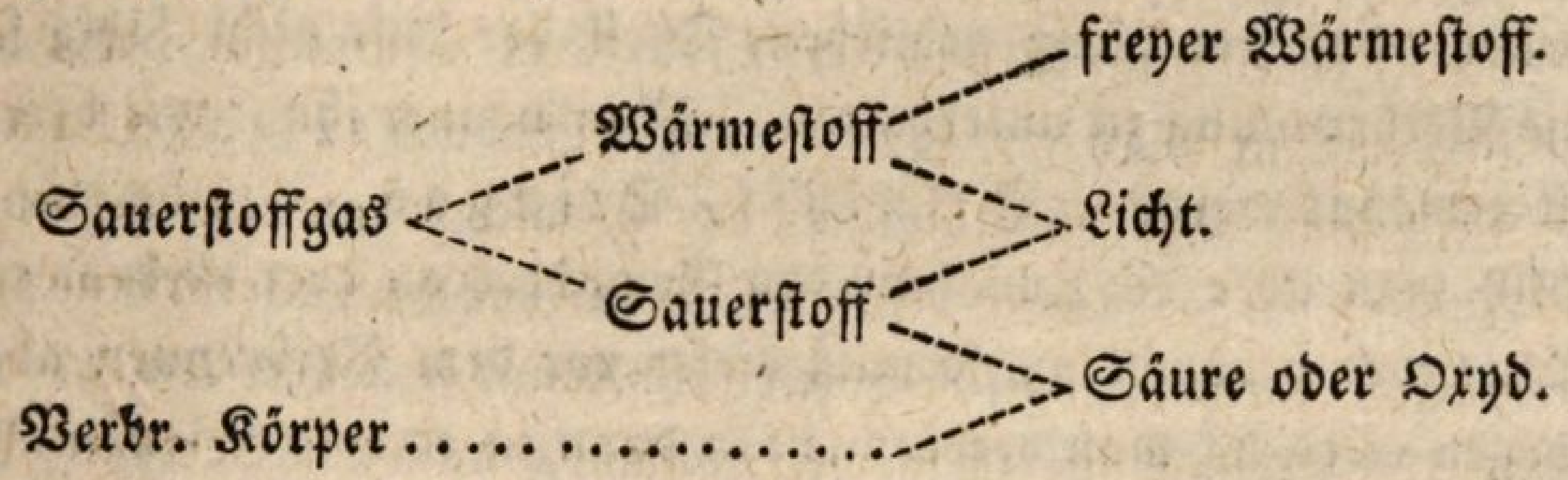
iſt es den Bemühungen Faraday's gelungen, viele für permanent gehaltenen Gasarten durch gleichzeitige Anwendung von Kälte und Druck zu tropfbaren Flüſſigkeiten zu verdichten. — Wenn manche aus denjenigen Gasarten, welche ſich mit dem Waſſer ſo miſchen, daß ſie aufhören Gas zu ſeyn, mit Eis in Berührung gebracht werden: ſo wird das Eis augenblicklich geſchmolzen; es wird alſo Wärme entbunden.

§. 705. Jedermann weiß, daß man im Allgemeinen unter Verbrennung einen mit einer beträchtlichen Ausſcheidung von Wärme und Licht begleiteten Naturprozeß verſtehe, bey welchem der dieſem Prozeß unterworfene Körper eine gänzliche Veränderung ſeiner chemiſchen Beſchaffenheit erleidet. Einen ſolchen Körper nennt man brennbar, verbrennlich, oder Brennſtoff. Um jene Veränderung in ihm zu bewirken, muß ein anderer Stoff ſich mit ihn verbinden, den man den feuernährenden oder Zündſtoff nennen kann. Brennſtoffe gibt es bekanntlich ſehr viele, als Phosphor, Schwefel, Kohle, Weingeiſt, Öhl, Holz u. ſ. w. Bey den meiſten Verbrennungen iſt Sauerſtoff der Zündſtoff, doch gibt es auch Verbrennungen ohne denſelben.

§. 706. I. Verbrennung durch Sauerſtoff. Schon die gemeine Erfahrung lehrt, daß in der Regel zur Verbrennung atmoſphäriſche Luft und Erhöhung der Temperatur erfordert werde, und daß die Verbrennung deſto lebhafter vor ſich gehe, je beſſer die atmoſphäriſche Luft mit dem brennenden Körper in Berührung gebracht, und je mehr der letztere erhitzet wird. Genauere Beobachtungen lehren Folgendes: 1) Durch die Verbrennung eines Körpers wird ein Theil der atmoſphäriſchen Luft verzehrt; denn geſchieht die Verbrennung in einem abgeſperrten Raume, ſo geht ein Theil der eingeſchloſſenen Luft verloren. 2) Bey dem verbrannten Körper (wenn man des ganzen Productes der Verbrennung habhaft werden kann) wird eine Zunahme des abſoluten Gewichtes gefunden, und zwar hat er ſo viel an Gewicht zugenommen, als die Luft daran abgenommen hat. 3) Mehrere Stoffe verwandeln ſich durch die Verbrennung in

eine Säure; ſo wird aus dem Schwefel die Schwefelſäure, aus dem Phosphor die Phosphorſäure. 4) Iſt bey einer Verbrennung im verſchloſſenen Raume eine hinreichende Menge des verbrennbaren Stoffes vorhanden: ſo verbrennt nicht der ganze Stoff, ſondern verliſcht; ein Zeichen, daß der übrig gebliebene Antheil der Luft nicht dienet, die Verbrennung der Körper zu unterhalten. Aus dieſen Thatſachen ergeben ſich folgende Schlüſſe: 1) Die atmoſphäriſche Luft hat einen Beſtandtheil, der das Verbrennen der Körper bewirkt, und einen andern, der dazu nicht tauglich iſt. Man nennet den erſteren Lebensluft, weil er, wie andere Verſuche lehren, ein für die Athembarkeit der Luft nothwendiger Beſtandtheil derſelben iſt. Dem andern hat man den Nahmen Stickluft oder Stickſtoffgas gegeben. 2) Dieſe Lebensluft denkt man ſich beſtehend aus einem Stoffe, der durch ſeine Vereinigung mit manchen Stoffen dieſe in Säuren umzuwandeln im Stande iſt, und aus dem Wärmeſtoffe. Dieſen Stoff nennet man daher Sauerſtoff (oxygenium), und die Lebensluft auch Sauerſtoffgas. 3) Die Verbrennung iſt nichts anders, als die Verbindung des Sauerſtoffes mit der verbrennlichen Subſtanz, d. h. mit einer Subſtanz, welche bey erhöhter Temperatur ſtarke Verwandtſchaft zu demſelben zeigt. Eben darum nimmt der verbrannte Körper am Gewichte zu, die Luft aber ab. 4) Indem der eine Beſtandtheil der Lebensluft (der Sauerſtoff) ſich mit dem brennbaren Stoffe verbindet, wird der andere Beſtandtheil (der Wärmeſtoff) frey, und wirket als Wärme und als Licht. — Bey dieſem letzten Satze wird nähmlich vorausgeſetzt, daß Wärmeſtoff und Licht derſelbe Stoff ſey. Schreibt man aber jede der beyden Erſcheinungen einem eigenen Stoffe zu: ſo iſt man genöthigt, eine etwas andere Erklärung zu geben, wie es auch durch verſchiedenen Naturforſcher, ihren Anſichten zu Folge, auf verſchiedene Weiſe geſchehen iſt. So hatte z. B. Gren angenommen, jeder verbrennliche Körper beſtehe aus einem Grundſtoffe und dem Lichtſtoffe, welcher letztere noch nicht Licht ſey, ſondern erſt verbunden mit dem Wärmeſtoffe zu Licht werde. Bey der Verbrennung nun, meinte Gren, verbinde ſich der Grundſtoff des

verbrennlichen Körpers mit dem Sauerſtoffe, der Lichtſtoff dagegen verbinde ſich mit einem Theile des Wärmeſtoffes der Lebensluft und bilde Licht, indem zugleich der übrige Theil des Wärmeſtoffes als freye Wärme erſcheint. Hr. Meißner ſchließt dagegen aus einigen anderweitigen Erſcheinungen, das Licht ſey eine Zuſammenſetzung aus Wärmeſtoff und einem ſehr kleinen Antheile Sauerſtoff, und ſtellt ſich den Vorgang bey der Verbrennung auf folgende Weiſe vor:




Noch eine andere Erklärung der Licht- und Wärmeerſcheinung ergibt ſich aus der electrochemiſchen Anſicht des Verbrennungsprozeſſes. Von dieſer Anſicht aber kann erſt in der Electricitätslehre geſprochen werden. —

Weggerechnet dieſen vierten Satz, gründen ſich alle übrigen Sätze auf ſehr verſchiedene, oft angeſtellte Verſuche. Da aber dieſe, in ihrer Ausführlichkeit, Gegenſtände des chemiſchen Theiles der empiriſchen Naturlehre (§. 19.) ſind: ſo ſollen hier nur einige leicht anzuſtellende Verſuche als Beſtätigungen des Geſagten angeführt werden. In einem wohl ausgetrockneten gläſernen Kolben k (Zeichn. 130.) aus dünnem Glaſe, mit etwas langer Röhre (welche mittelſt eines gut ſchließenden Hahnes verſchloſſen werden kann) werden einige Grane trockenen Phosphors gethan, der Hahn wird zugeſchloſſen, die Mündung in ein Glas unter Lackmustinctur getaucht, und durch eine allmähliche Erhitzung des Kolbens (indem man z. B. eine Kohle darunter hält) der Phosphor entzündet. Er bricht in eine Flamme aus, und verbrennt mit vielem weißen Rauche. Hat der Phosphor zu brennen aufgehört: ſo halte man den Kolben ſo, daß der geſchmolzene noch übrige Phosphor in die Röhre fließen könne, es wird hier noch etwas davon verbrennen; allein wenn hinlänglich Phosphor war hineingethan worden, ſo bleibt immer noch ein Theil

unverbrannt. Man warte nun, bis ſich alles wohl ausgekühlt hat; dann öffne man unter der Lackmustinctur den Hahn. Sogleich ſteigt die Lackmustinctur in die Röhre des Kolbens hinauf (alſo iſt ein Theil der Luft verzehrt worden); die hinaufgeſtiegene Lackmustinctur wird geröthet (alſo hat ſich der Phosphor in eine Säure verwandelt, indem die Säuren die blaue Farbe dieſer Tinctur in Roth umändern). Aus dem Umſtande, daß der in den Kolben hineingebrachte Phosphor nicht ganz verbrennt, erhellet, daß der übrig gebliebene Theil der Luft nicht fähig ſey, die Verbrennung zu unterhalten. Man nennet ihn, wie bereits iſt erwähnt worden, Stickluft, Stickgas, Azotgas. — Will man aber die Zunahme des Gewichtes an dem verbrannten Phosphor beobachten, ſo muß dieſer vor dem Verbrennen abgewogen werden; man verbrenne ihn dann in einem trockenen Kolben, den man nur in ſo weit ſchließt, daß von dem ſich bildenden Rauche nichts entweiche. Hat man früher das Ganze gewogen, und wägt es nun wieder, ſo wird ſich an einer empfindlichen Wage ein Zuwachs des Gewichtes wahrnehmen laſſen.

Wie aus der Verbindung des Phosphors mit dem Sauerſtoffe die Phosphorſäure ſich bildet, ſo bilden ſich aus andern brennbaren Stoffen andere Säuren, als: die Schwefelſäure aus dem Schwefel, die Kohlenſäure aus dem Kohlenſtoffe, die Salpeterſäure aus dem Stickſtoffe, aus einigen Metallen metalliſche Säuren u. d. m.

§. 707. Übrigens iſt zu merken, daß nicht alle Stoffe durch Verbrennung Säuren bilden; man nennt dann ſolche verbrannte Körper Oxyde. In dergleichen Oxyde verwandeln ſich z. B. die meiſten Metalle durch Verbindung mit dem Sauerſtoffe.

Auch die Metalle gewinnen am Gewichte durch Oxydation, und dieſer Gewinn iſt gleich dem Gewichtsverluſte, den die Luft erleidet. — Wünſcht man auch darüber einen leichten Verſuch zu haben: ſo eignet ſich ſehr gut dazu ein Amalgam aus Queckſilber und Zinn. Wird etwas davon in eine gläſerne Röhre gethan, dieſe wohl verſchloſſen, und dann das Amalgam durch eine längere Zeit (etwa eine Stunde lang) geſchüttelt: ſo verwandelt es ſich in ein ſchwärzliches Pulver. Öffnet man nun die Röhre: ſo dringt die Luft hinein, wie in einen luftverdünnten Raum. Dieſes Pulver zeigt an der Wage ein größeres Gewicht als früher das Amalgam. Wird der Verſuch wiederhohlt,

und die Röhre unter Waſſer geöffnet: ſo dringt dieſes ein, und erfüllt etwa den fünften Theil des früher von Luft erfüllten Theiles der Röhre. Wird aber der Verſuch ſo angeſtellt, daß die Röhre außer dem Amalgam möglichſt reines Sauerſtoffgas enthält: ſo wird ſie nach dem Öffnen beynahe ganz mit Waſſer angefüllt. — Auch das Roſten der Metalle in naſſer Luft iſt eine Oxydirung derſelben.

§. 708. Auch das Waſſer iſt ein Oxyd. Es entſteht, wenn der Waſſerſtoff (Grundſtoff der brennbaren Luft) ſich mit dem Sauerſtoffe verbindet oder verbrennet. — Bey dem Verſuche, chemiſche Harmonika genannt (§. 601.), iſt es der Waſſerſtoff, welcher verbrennt (d. h. ſich mit dem Sauerſtoffe verbindet). Das hier entſtehende Waſſer hat die Form des Dampfes, der an den Wänden der Röhre ſich abkühlt, zerſetzt, und mithin als feiner Thau daran erſcheint. — Umgekehrt läßt ſich das Waſſer in die genannten zwey Stoffe zerſetzen.

Zerſetzung und Zuſammenſetzung des Waſſers. Wird eine Retorte mit Waſſer angefüllt, mit einer eiſernen Röhre (z. B. mit einem Flintenlaufe) verbunden, dieſer in einen Windofen gelegt, an der andern Mündung mit einer krummen Röhre verbunden, die letztere dann unter die Mündung eines Recipienten des pneumatiſch-chemiſchen Apparates (§. 458. Zuſ.) gebracht: ſo erhält man in dieſem Recipienten brennbare Luft, wenn man zuerſt die eiſerne Röhre zum Glühen erhitzt, nachher mittelſt einer unter der Retorte angezündeten Lampe das Waſſer zum Sieden bringt, und auf dieſe Weiſe die Waſſerdämpfe durch die glühende Röhre zu gehen zwingt. Das dampfförmige Waſſer nähmlich ſetzt an das Eiſen den einen ſeiner Beſtandtheile ab, nähmlich den Sauerſtoff (auch findet man die Röhre im Innern oxydirt); der andere Beſtandtheil, der Waſſerſtoff, geht in den Recipienten als brennbares Gas. — Wird ſtatt der eiſernen Röhre eine gläſerne oder porzellanene genommen, in welche ſchraubenförmig gewundener und wohl abgewogener Eiſendraht iſt gethan und zum Glühen gebracht worden: ſo findet man dieſen oxydirt, und er hat zugleich an Gewicht ſo viel gewonnen, daß dieſe Gewichtszunahme ſammt dem Gewichte der im Recipienten erhaltenen brennbaren Luft gleich iſt dem Gewichte des aus der Retorte wirklich zerſetzten Waſſers. — Um aber das wirklich zerſetzte von dem bloß verdampften zu unterſcheiden, muß die Glasröhre in ein mit kaltem Waſſer umgebenes Gefäß geleitet werden, wo ſich die Waſſerdämpfe in Waſſer verwandeln, und nur das brennbare Gas in

den Recipienten geleitet wird. In der Zeichn. 131. iſt R die Retorte, w der Windofen, g g die Röhre mit dem Drahte, k das Kühlgefäß, c der Recipient. —

Daß man übrigens brennbares Gas (wo man es nicht gerade ſehr rein nöthig hat) bequem erhalten könne, wenn man geraſpelten Zink oder Eiſenfeilſpäne in der Salzſäure oder Schwefelſäure auflöſet, nachdem man dieſe Säuren mit Waſſer verdünnet hat, iſt gelegenheitlich gemeldet worden, als von dem Füllen der Luftbälle (§. 442. Zuſ.) und von der chemiſchen Harmonika (§. 448. Zuſ.) die Rede war. Die genannten Metalle müſſen nähmlich, ehe ſie ſich in den Säuren auflöſen, erſt Oxyde werden; ſie entreißen dem Waſſer den Sauerſtoff, und oxydiren ſich: der Waſſerſtoff wird demnach frey, und erſcheint als brennbares Gas. — Zu genauen Verſuchen über die Zuſammenſetzung des Waſſers hat man eigene Apparate, die mit Sauerſtoffgas gefüllt werden, welches, wie sogleich gezeigt werden ſoll, ſich auch für ſich darſtellen läßt. In ſolche abgeſchloſſene Behältniſſe läßt man reines Waſſerſtoffgas einſtrömen, zündet den Gasſtrom mittelſt eines electriſchen Funkens an, und ſammelt das durch die Verbrennung entſtandene Waſſer. Das Gewicht desſelben iſt gleich der Summe der Gewichte der verbrauchten zwey Gaſe.

§. 709. Der bey dem Verbrennen wirkſame Beſtandtheil der Luft (das Sauerſtoffgas) läßt ſich auch für ſich darſtellen, wenn er aus ſolchen Körpern, worin er als Beſtandtheil enthalten iſt, abgeſchieden wird. Dazu dient unter andern der ſogenannte Braunſtein. Dieſer iſt nähmlich ein Metalloxyd, beſtehend aus Mangan und Sauerſtoff. Durch Glühhitze läßt ſich ein Theil des Sauerſtoffes abſcheiden, der dann als Sauerſtoffgas erſcheint. — In dem Sauerſtoffgaſe geht der Prozeß des Verbrennens bey weitem lebhafter vor ſich, als in der atmoſphäriſchen Luft: ein ausgelöſchter Wachsſtock, deſſen Docht nur noch etwas glimmt, entzündet ſich wieder, wenn er in ein mit Sauerſtoffgas gefülltes Behältniß (z. B. in einen Glascylinder) getaucht wird, und brennt hier mit äußerſt leuchtender Flamme; brennender Phosphor verbrennt darin mit außerordentlichem Glanze; ein dünner Stahldraht, der an einem Ende glühend gemacht, und in dieſes Gas getaucht wird, verbrennet darin mit Funkenſprühen u. d. m. —

Um Sauerſtoffgas aus Braunſtein zu gewinnen, wird der letztere ge-

pulvert und eine irdene Retorte (beyläufig auf 4/5 ihres Rauminhaltes) damit gefüllt. Die Retorte wird dann in einen Windofen geſetzt, mit einem Recipienten in dem pneumatiſch-chemiſchen Apparate (§. 458.) in Verbinduug gebracht, und dann bis zum Glühen erhitzt. — Wird ein Strom Sauerſtoffgas in eine gewöhnliche Weingeiſtflamme geblaſen: ſo wird eine bedeutend ſtarke Hitze erregt; doch ſchmilzt ſie kaum das Platin. Man nennt dieſe Vorrichtung das Mace'ſche Gebläſe. Weit größere Hitze erzeugt ein entzündeter Strom Knallgas (2 Theile Waſſerſtoffgas mit 1 Theil Sauerſtoffgas, dem Raume nach) in dem Newmann'ſchen und Clarke'ſchen Gebläſe, welches ſpäter Verbeſſerungen, der Sicherheit wegen, erhalten hat. Man nennet dieſe Miſchung Knallgas, weil ſie, entzündet, augenblicklich und mit einer Exploſion verbrennt. Eben dieſe ſuchte man zu verhüthen.

§. 710. Stickgas. Dieſer zweyte Beſtandtheil der atmoſphäriſchen Luft unterſcheidet ſich von andern Gasarten dadurch, daß ihm die auszeichnenden Eigenſchaften derſelben fehlen. Er dienet nicht die Verbrennung der Körper zu unterhalten, wie das Sauerſtoffgas; er iſt ſelbſt auch nicht brennbar, wie das Waſſerſtoffgas; er iſt keine Säure, wie es mehrere Gasarten ſind u. ſ. w.

Muß, damit Stickgas aus der atmoſphäriſchen Luft übrig bleibe, gerade Phosphor zu dem Verſuche genommen werden? Erhält man nicht auch Stickgas, wenn ſtatt des Phosphors ein anderer Körper verbrennt? Allerdings. Nur bildet ſich meiſtens auch irgend ein anderes Gas, welches dann mit dem Stickgas gemengt erſcheint. Wenn man z. B. über einen brennenden Wachsſtock einen Recipienten ſtürzt: ſo verliſcht der Wachsſtock nach einer kurzen Zeit. Auch hier iſt Stickgas unter dem Recipienten, allein nicht rein, ſondern mit kohlenſaurem Gas gemengt. Die meiſten brennbaren Körper haben nähmlich Waſſerſtoff, Kohlenſtoff und Sauerſtoff unter ihren Beſtandſtoffen. Der Kohlenſtoff verbindet ſich bey der Verbrennung mit dem Sauerſtoffe der Luft, und bildet Kohlenſäure, welche gasförmig erſcheint. Hat man den Recipienten bey dieſem Verſuche auf einen Teller geſtellt, welcher Kalkwaſſer (eine Auflöſung reiner Kalkerde im Waſſer) enthält, ſo trübt ſich das Kalkwaſſer; die Kohlenſäure verbindet ſich mit der Kalkerde, und bildet kohlenſauren Kalk, der im Waſſer unauflöslich iſt (daher die Trübung). Will man die Eigenſchaften des kohlenſauren Gaſes näher kennen

lernen: ſo kann man zu Verſuchen eine große Menge davon erhalten, wenn man über Marmor, Kreide oder gemeinen, doch ungebrannten Kalk verdünnte Schwefelſäure gießt. Die genannten Foſſilien beſtehen nähmlich aus Kalkerde und Kohlenſäure. Die Schwefelſäure verbindet ſich mit der Kalkerde, die Kohlenſäure wird demnach frey, und erſcheint als Gas. Zum Auffangen desſelben dient, wie bey allen Gasarten, der pneumatiſch-chemiſche Apparat (§. 458. Zuſ.).

§. 711. Andere Beſtandtheile der Atmoſphäre. Außer Sauerſtoffgas und Stickgas enthält die Atmoſphäre auch immer etwas kohlenſaures Gas, dann Waſſerdunſt. Dieſes ſind die weſentlichen Beſtandtheile derſelben. Übrigens ſind darin oft noch manche andere Stoffe vorhanden, wie es auch nicht anders ſeyn kann, da ſo mancherley Prozeſſe in ihr vorgehen. — Zur Auffindung des Sauerſtoffgehaltes bedienen ſich die Chemiker eigener Apparate, Eudiometer (Luftgütemeſſer) genannt; ein nicht ganz richtiger Nahme, indem die Luft den gehörigen Sauerſtoffgehalt haben, und dennoch zugleich fremdartige, der Geſundheit ſchädliche Beymengungen (Miasmen) enthalten kann. Wirklich hat man die Menge des Sauerſtoffgaſes zu der der andern Beſtandtheile an ſehr verſchiedenen Orten und zu verſchiedenen Zeiten immer wie 21 zu 79 (dem Raume nach) gefunden. — Der Kohlenſäuregehalt iſt wechſelnd; im Mittel beträgt er etwas über 0,0055 dem Raume nach. Man unterſucht ihn gleichfalls mittelſt eigener Apparate, denen man den Nahmen Anthrakometer gegeben hat. — Wie der Waſſergehalt mittelſt der Hygrometer unterſucht werde, davon iſt bereits ausführlich geſprochen worden. Er iſt ſehr veränderlich (im Mittel etwa $1/_{100}$ dem Raume nach).

Eudiometer. Jedes Eudiometer beſteht in einem ſchicklichen Gefäße, worin eine beſtimmte Menge der zu prüfenden atmoſphäriſchen Luft mit irgend einer Subſtanz in Berührung gebracht wird, welche fähig iſt den Sauerſtoff derſelben ihr zu entziehen. Wird nun der Überreſt der Luft gemeſſen: ſo ergibt ſich daraus, wie groß die Menge des nun verſchwundenen Sauerſtoffgaſes geweſen ſey. Dergleichen Sauerſtoff anziehende Subſtanzen ſind Waſſerſtoff, Phosphor, Salpetergas, Schwefelleber. Der Kürze wegen ſollen nur folgende Eudiometer hier angeführt werden:

a. Das Waſſerſtoffgas-Eudiometer, welches zuerſt Volta angegeben, und Gay-Luſſac etwas abgeändert hat. Es beſteht (nach Zeichn. 132.) aus der Verpuffungsröhre A, der Meßröhre B und dem Maße C. Die Verpuffungsröhre A iſt eine beyläufig 12 Zoll lange, 1½ Zoll weite Glasröhre, oben und unten mit Faſſungen und den Hähnen H, h verſehen. Die obere Faſſung geht in ein Schüſſelchen aus, die untere bildet einen Trichter. Zugleich iſt oben ein Draht d mit einem Kügelchen in das Innere geführt, um einen elektriſchen Funken dahin leiten zu können. — Die Meßröhre B iſt eine etwa 6 Zoll lange an einem Ende geſchloſſene Röhre, verſehen mit einer Scale, welche gleiche Theile ihres innern Rauminhaltes angibt. Sie muß ſich mit ihrer Mündung an die Verpuffungsröhre anbringen laſſen. — Das Maß C iſt eine kleine Glasröhre, die genau ſo viel faßt wie 100 Theile der Meßröhrenſcale. Sie iſt unten mit einer trichterförmigen meſſingenen Faſſung verſehen, und mittelſt eines luftdichten Schiebers S verſchließbar. — Um die Luft zu prüfen, wird die Röhre A ſammt dem oberen Schüſſelchen mit Waſſer gefüllt, der Hahn H geſchloſſen, dann über ſeine Mündung die gleichfalls mit Waſſer gefüllte Meſſungsröhre B eingeſetzt. Nun läßt man mittelſt des Maßes C ſo viel von der zu prüfenden Luft, als das Maß faſſen kann, durch den Trichter der Verpuffungsröhre in dieſelbe treten, und zwey Mahl ſo viel Waſſerſtoffgas. Das aufgeſtiegene Gasgemenge wird endlich durch einen mit dem Knopfe d aufgefangenen elektriſchen Funken entzündet. Es wird ſich die Luftmaſſe ſogleich vermindern. Öffnet man den Hahn h unter Waſſer, ſo ſteigt dieſes in A. Wie groß der Reſt der Luft noch ſey, erfährt man, wenn man ſie durch Öffnung des Hahnes H in die Meßröhre ſteigen läßt, und nachſieht, wie viel Raumtheile ſie dort einnimmt. Geſetzt dieſer Reſt nehme ſtatt der urſprünglichen 300 Theile 237 Theile ein, ſo beträgt die Verminderung 63 Theile. Dieſe ſind verſchwunden. Da man nun aus andern Verſuchen weiß, daß zur Bildung des Waſſers ſich immer 2 Raumtheile Waſſerſtoff mit einem Theile Sauerſtoff verbinden, ſo iſt dieſer Reſt 63 durch 3 zu dividiren. Es ergibt ſich daraus, daß 21 Theile Sauerſtoff in den 100 Theilen der atmoſphäriſchen Luft vorhanden waren.

b. Döbereiner's Eudiometer beruht auf demſelben Princip, iſt aber einfacher. Es beſteht nähmlich aus einer einfachen gleichfalls graduirten Glasröhre, die mit Queckſilber gefüllt wird, und in welche man, wie in die Verpuffungsröhre des vorigen Eudiometers, eine gemeſſene Menge Luft und Waſſerſtoffgas nebſt einem Kügelchen Platinſchwamm aufſteigen läßt. Auch hier vermindert ſich das Gas-

gemenge, aber ohne Exploſion und langſam. Die Rechnung wird wie bey dem vorigen geführt. — Der Platinſchwamm wird erhalten, wenn man die Auflöſung des Platins in Königswaſſer durch Salmiak fället, den Niederſchlag in einen Platintiegel ausglüht, bis aller Salmiak verſchwunden iſt, dann das lockere Pulver mit gleichviel Thon zuſammengeknetet, zu erbſengroßen Kügelchen formirt, trocknet, und über einer Weingeiſtlampe ausglühet. Dieſer Platinſchwamm hat, ſo wie fein gefeiltes Platin, die Eigenſchaft, daß, wenn ein Gemenge aus Waſſerſtoff und Sauerſtoff darauf geleitet wird, dieſes ſich zu Waſſer verbindet, und das Platin zugleich in die Glühhitze geräth.

Anthrakometer. Ein ſolches hat Humboldt angegeben. Seine Beſtandtheile ſind (nach Zeichn. 133.) eine gebogene Röhre abc mit der Kugel K, dann eine gerade in 100 gleiche Theile getheilte Röhre mn, die mit der Faſſung n ſich an die gebogene Röhre anſchrauben, und an der Faſſung m ſich mittelſt einer Schraube verſchließen läßt. Beym Gebrauche wird die Kugel ſammt der gebogenen Röhre mit Kalkwaſſer (oder Barytwaſſer), die Maßröhre mn mit der zu unterſuchenden Luft angefüllt; beyde Röhren werden unter Waſſer an einander geſchraubt, dann durch Umkehrung des Ganzen die Luft in die Kugel gebracht, und ſo einige Tage ſtehen gelaſſen. Nach Verlauf dieſer Zeit wird die Luft wieder in die Maßröhre gebracht, dieſe unter Waſſer abgeſchraubt, und ſo ins Waſſer gehalten, daß der Druck der Atmoſphäre auf die eingeſchloſſene Luft ſich wirkſam zeige. Man bemerkt eine Raumverminderung, welche der von dem Kalkwaſſer verſchluckten Kohlenſäure zuzuſchreiben iſt. Nach Humboldt's Verſuchen beträgt dieſe im Mittel $^3/_4$ Prozent des Ganzen. — Wenn man bedenkt, wie viel Kohlenſäure durch das Verbrennen der meiſten Vegetabilien, eben ſo (wie ſpäter gezeigt werden ſoll) durch das Athmen und durch andere Naturoperationen erzeugt wird: ſo ſollte man ſich wundern, daß der Kohlenſäuregehalt nicht bey weitem größer gefunden werde. Allein dafür wird auch die Kohlenſäure gleichfalls durch viele Prozeſſe aus der Atmoſphäre abgeſchieden. Wie viel derſelben wird nicht nur bey dem Vegetationsprozeſſe zerſetzt, bey welchem der Kohlenſtoff von den Pflanzen abſorbirt und der Sauerſtoff ausgeſchieden wird. Eben in dieſen Umwandlungen beſteht der weiſe Haushalt der Natur, das Beſtehen im Wechſel. — Übrigens fand Sauſſure den Kohlenſäuregehalt im Winter etwas größer als im Sommer. Auch gibt er den Kohlenſäuregehalt kleiner an als Humboldt, nähmlich nahe = 0,0006 dem Raume nach.

Zu den Stoffen, die man in der Atmoſphäre außer ihren Hauptbeſtandtheilen gefunden hat, gehören: Kohlenwaſſerſtoff, Salzſäure, ſalzſaurer Kalk, organiſche Subſtanzen, Salpeterſäure (bey Gewittern) u. d. m.

§. 712. II. Verbrennungen ohne Sauerſtoff. Von ſolchen gibt es mancherley Beyſpiele, davon nur einige angeführt werden ſollen. Phosphor entzündet ſich im Chlorgas und verbrennt darin; viele Metalle (Kupfer, Eiſen u. a.) erglühen in dem Augenblicke ihrer Verbindung mit Schwefel. Hier iſt Schwefel der Zündſtoff, das Metall der Brennſtoff. Verbrennt dagegen der Schwefel im Sauerſtoffgas: ſo iſt der Sauerſtoff der Zündſtoff, der Schwefel der Brennſtoff.

Wenn man indeſſen das Chlor ſich zuſammengeſetzt denkt aus der Salzſäure und dem Sauerſtoffe (§. 554. Zuſ.): ſo iſt jenes Verbrennen des Phosphors (und ſo auch anderer Körper) in Chlorgas eine Verbindung desſelben mit Sauerſtoff. Es bleibt nun die Salzſäure über, welche mit der entſtandenen phosphorigten Säure ſich verbindet.

§. 713. Einige, die gewöhnliche Verbrennung begleitende Erſcheinungen, welche hier noch kürzlich angemerkt zu werden verdienen. Darunter gehören folgende:

1) Viele Körper brennen mit Flamme, andere nicht. Das erſte hat Statt bey ſolchen, welche flüchtige Beſtandtheile enthalten; denn die Flamme beſteht aus verflüchtigten brennenden oder glühenden Theilchen, in den meiſten Fällen iſt ſie brennendes Gas. Sie bildet einen Kegel. Denn die flüchtigen Materien werden von außen nach innen theils verbrannt, theils abgekühlt; daher wird die aufſteigende leuchtende Säule immer dünner; und geht endlich in eine Spitze aus. Einfache Körper bilden eine gleichartige Flamme, z. B. reines Waſſerſtoffgas; bey zuſammengeſetzten Körpern ſind die verſchiedenen Theile der Flamme in Beziehung auf Stärke und Farbe des Lichtes verſchieden, dieſes iſt z. B. der Fall bey den Flammen der Talgkerzen. Körper, bey welchen keine oder ſehr wenige Theile verflüchtigt werden, brennen ohne Flamme, oder ihre Flamme iſt für den zweyten Fall ſehr klein, oft unmerklich.

2) Manche Körper brennen mit Rauch. Er beſteht ebenfalls aus Theilen, welche durch die Hitze verflüchtigt werden, aber nicht brennen, entweder, weil ſie nicht brennbar ſind, oder weil ſie nicht mehr die zum Brennen gehörige Temperatur haben. Jedermann weiß, daß der Rauch, der von dem noch glühenden Dochte einer eben ausgeblaſenen Kerze aufſteigt, an der Flamme einer andern Kerze kann angezündet werden. — Wenn der Rauch mit kalten Körpern in Berührung kommt: ſo hängt er ſich gewöhnlich daran als ein feines Pulver. Beſonders iſt dieſes der Fall bey den kohlenſtoffhaltigen Körpern, z. B. bey Lampen und Kerzen, beym Holze u. d. m. Dieſen angeſetzten Rauch nennt man Ruß. Je größer die Hitze und je freyer die Zuſtrömung der Luft, deſto weniger Rauch und Ruß. Der Rauch nähmlich enthält noch eine Menge Theile, welche verbrennen könnten, und wirklich verbrennen, wenn die Hitze hinreichend iſt. So gibt z. B. auch ein ganz trockenes Holz vielen dicken Rauch, wenn es langſam verbrennt.

3) Manche Körper verflüchtigen ſich ganz beim Verbrennen, manche laſſen Theile zurück, die man gewöhnlich Aſche nennt. Solche Überbleibſel können entweder unverbrannte Theile ſeyn, oder auch wohl Producte der Verbrennung.

4) Manche tropfbar flüſſige Materien verbrennen gewöhnlich nur mittelſt eines Dochtes; es ſind ſolche, welche zur Verbrennung eine bedeutende Hitze nöthig haben. Durch den Docht (§. 528.) werden immer nur kleine Quantitäten ſolcher Materien der Flamme zugeführt, welche dann, eben weil ſie kleine Maſſen ſind, den nöthigen Hitzgrad leichter erlangen. Es läßt ſich dieſes indeſſen bey Öhl auch ohne Docht erreichen, nähmlich mittelſt eines Glasröhrchens, das durch ein blechernes kleines Schüſſelchen durchgeht, wie in der Zeichn. 134. Das Schüſſelchen ſchwimmt auf dem Öhle, dieſes reicht in dem Röhrchen bis zur Höhe a und kann dort angezündet werden.

5) Aus manchen Körpern entwickeln ſich, wenn ſie verbrennen, eine Menge ausdehnſamer Flüſſigkeiten, welche dann durch die bey der Verbrennung frey werdende Wärme oft ſehr ausgedehnt werden. Geſchieht dieſe Entwicklung ſchnell, und iſt

ein Hinderniß der Raumerweiterung vorhanden: ſo entſtehen Explosionen, wie z. B. bey eingeſchloſſenem Schießpulver.

Einige Erörterungen, die Flammen betreffend:

I. Umſtände, von welchen die Lichtſtärke einer Flamme abhängt. Es ſind folgende: 1) Die Temperatur, welche eine bedeutende Höhe haben muß. Hält man in was immer für eine Flamme einen hinlänglich großen, und die Wärme gut leitenden Körper (z. B. einen Metalldraht): ſo verändert ſich ſogleich der Glanz, die Flamme wird röthlich. Später ſoll von einer Anwendung dieſer Abkühlung durch Metallnetze noch Einiges geſagt werden. 2) Der Luftſtrom, deſſen Schnelligkeit hinreichend ſeyn muß, um eine zur vollſtändigen Verbrennung nöthige Menge von Luft zuzuführen. Sie muß übrigens nicht allzu groß ſeyn, ſonſt nimmt zwar der Glanz zu, aber die Ausdehnung der Flamme wird kleiner. 3) Die Beſtandtheile. Sind dieſe bloß gasförmig: ſo iſt die Flamme wenig leuchtend, wie z. B. die des Waſſerſtoffgaſes, des Schwefels. Das Product der Verbrennnng iſt in dem erſten Waſſerſtoffgas, im zweyten gasförmige ſchwefelichte Säure. — Dagegen ſehr leuchtend iſt die Flamme des Kohlenwaſſerſtoffgaſes und des Phosphors. Bey jener glühen in dem Waſſerſtoffgaſe die Kohlentheilchen, bey dieſer iſt das Product die Phosphorſäure, ein feſter Körper.

II. Erſcheinungen des Glühlämpchens. Ein Gas braucht, um zu glühen, eine ſehr große Hitze. Wedgwood erhitzte die Luft ſo ſtark, daß ein darein getauchter Platindraht glühete. Er ſchloß daraus, daß Gaſe nicht bis zum Leuchten erhitzt werden können, welchem indeſſen die Flamme des Waſſerſtoffgaſes widerſpricht. — Auf das erwähnte Erglühen gründet ſich das ſogenannte Glühlämpchen, welches man erhält, wenn ein ſchraubenförmig gewundener dünner Platindraht um den Docht einer Weingeiſtlampe gelegt wird, ſo daß einige Windungen über den Docht hervorragen. Wird der Weingeiſt angezündet: ſo kommt der Draht leicht ins Glühen. Löſcht man nun die Flamme aus: ſo hört der Draht für einen Augenblick auf zu glühen, wird aber wieder glühend und bleibt es, bis aller Weingeiſt verdampft iſt. Die beſte Dicke des Drahtes iſt etwa $^1/_{100}$ Zoll, der Durchmeſſer der Windungen etwa $1\frac{1}{2}$ Linien, die Menge derſelben etwa 12. Die Erſcheinung erklärt ſich folgender Weiſe. Die aufſteigenden Dämpfe werden durch Berührung mit dem glühenden Drahte ſo erhitzt, daß ſie langſam verbrennen, und eine Säure (Lampenſäure) bilden, die ſich durch den Geruch zu erkennen gibt. Bey dieſer Verbrennung wird wieder ſo viel Wärme frey (§. 706.), als nöthig iſt, den Draht glühend zu erhalten.

III. Flammen der Körper aus den organiſchen Reichen. Dieſe Flammen, deren wir uns zur Beleuchtung zu bedienen pflegen, ſind größtentheils kohlenſtoffhaltiges Waſſerſtoffgas. Solche Flammen ſind zu unterſt ringsum blau, haben über dem Dochte einen koniſchen Raum, welcher durchſcheinend iſt, und wenig leuchtet; der nächſte Raum um dieſen mittlern leuchtet am lebhafteſten. Der letztere iſt noch mit einer dünnen Hülle umgeben, welche wenig leuchtet, aber ſehr heiß iſt, am heißeſten etwa in dem Raume zwiſchen dem unterſten Theile der Flamme und ihrer Spitze. Wird ein feiner Stahldraht quer durch die Flamme gehalten, ſo wird er in jener heißen Hülle lebhaft glühend; in dem Innern glühet er weniger. In dem äußerſten Umkreiſe geht die Verbrennung der gasförmigen Stoffe durch die Berührung mit der Luft am lebhafteſten vor; ſehr begreiflich, indem die inneren Theile nicht ſo mit der Luft in Berührung ſind. In dem Innern der Flamme ſetzet ſich zugleich der Kohlenſtoff ab. Indem der Waſſerſtoff brennt, glühen die feinen Kohlentheilchen, und geben der Flamme mehr oder weniger einen weißen Schein. In dem untern Theile nähmlich fängt er an ſich abzuſcheiden, in dem mittlern iſt er beynahe abgeſchieden und glüht, in dem obern verbrennt er. Ein in die Flamme gehaltener kalter Eiſendraht überzieht ſich in der Mitte der Flamme ſtark mit Kohlenruß, weniger in dem obern Theile. — Dieſe Beobachtungen laſſen ſich beſonders an der Flamme des Gaslichtes gut anſtellen.

IV. Wirkung der Drahtnetze. Wenn die Flamme einer Kerze oder Lampe von einem Metallnetze aufgefangen wird, ſo iſt ſie wie abgeſchnitten. Hält man ein hinlänglich dichtes Metallnetz in die Mitte derſelben, ſo verſchwindet der obere Theil des Flammenkegels. Hält man eine andere Flamme über dieſes Netz: ſo entzündet ſich hier das durchgeſtrömte Gas, und der obere Theil des Flammenkegels erſcheint, iſt aber von dem untern durch einen kleinen Zwiſchenraum getrennt. Der Grund dieſer Erſcheinung iſt die bereits erwähnte Abkühlung des gasförmigen Stoffes durch das Netz. Auf ihr beruht die Wirkung von Davy's Grubenlampe, welche in der Zeichn. 135. abgebildet iſt. Die Flamme dieſer Lampe (welche übrigens eine Öhllampe iſt) brennt in einer cylindriſchen, aus einem metallenen Gewebe verfertigten Laterne, und bringt, wenn ſie in die Atmoſphäre eines entzündlichen Gaſes (wie das mancher Bergwerke iſt) gebracht wird, dieſes Gas nicht zur Entzündung. Die Fäden des Gewebes kommen hier bald zu dem Maximum der Erwärmung, welches ſie unter den angegebenen Umſtänden erlangen können; die Temperatur des Rothglühens können ſie nicht erreichen, daran hindert ſie ihr eigenes

wärmeſtrahlendes Vermögen, und die erkaltende Wirkung der Atmoſphäre. — Je kleiner die Öffnungen des Gewebes, je größer die Maſſe des Drahtes und je größer die Ausdehnung der ſtrahlenden Oberfläche, deſto größer iſt die Abkühlung; und ſo kann die Sicherheitslampe immer den Umſtänden anpaſſend verfertigt werden. — Ein Helm und ein Schild aus Drahtnetz gehören nebſt einem mit Salz getränkten Kleide aus Wolle zu den Apparaten des Ritters von Aldini bey Feuersbrünſten.

§. 714. Anwendungen der Lehre von der Verbrennung. Deren gibt es vorzüglich zwey: die eine zum Behufe der Erwärmung und Beleuchtung, die andere zur Verhüthung der manchmahl ſchädlichen Wirkungen des Feuers.

§. 715. I. Daß wir uns des Verbrennungsprozeſſes und nahmentlich der Flammen brennender Körper theils zur Beleuchtung, theils zur Erwärmung der Luft in unſern Wohnungen, theils zur Erhitzung verſchiedener Körper für den Behuf mannigfaltiger Zwecke bedienen, iſt allgemein bekannt. In jedem dieſer Fälle wird der Erfolg unſerer Abſicht deſto beſſer entſprechen, je mehr die zu verbrennenden Körper in ſolche Umſtände verſetzt werden, welche die Verbrennung, dem jedesmahligen Zwecke gemäß, hinlänglich befördern, und wobey an Wärme ſo wenig als möglich verloren geht. — Wir werden demnach hauptſächlich für einen hinreichenden Luftſtrom, für einen gehörigen Abzug des Rauches und für die möglichſte Zuſammenhaltung der Wärme zu ſorgen haben. Auch iſt es nicht gleichgültig, welches Brennmaterial verwendet werde.

Zum Leuchten werden bekanntlich thieriſche und vegetabiliſche Fettigkeiten mit Dochten angewendet; die feſten in Geſtalt von Kerzen, die flüſſigen aber in jenen Vorrichtungen, welche man Lampen nennt. In beyden Fällen darf der Flamme nur ſo viel brennbarer Stoff zugeführt werden, als wirklich verbrennen kann; der unverbrannte geht nicht nur unbenützt verloren, ſondern wird überdieß als Rauch oder Dunſt läſtig. Wegen ihrer größern Berührungsfläche mit der Luft verdienen die bandförmigen Dochte den walzenförmigen vorgezogen zu werden, noch mehr die hohlen cylindriſchen, wie ſie in der Argandiſchen Lampe angewendet werden. In dieſer be-

kannten Vorrichtung iſt der Docht nicht nur von außen, ſondern auch von innen mit der Luft in Berührung, und überdieß wird mittelſt der über die Flamme aufgeſetzten gläſernen Röhre ein immerwährender Luftzug unterhalten, welcher die Verbrennung des Rauches befördert.

Zur Erhitzung der Körper bedienen wir uns für Operationen im Kleinen ſehr oft einer Weingeiſtlampe, oder auch einer gemeinen Öhllampe. Wo etwas mehr Hitze erfordert wird, kann eine Argand'ſche Lampe mit Bequemlichkeit angewendet werden. Man hat auch Lampenöfen mit einer beliebigen Anzahl von Dochten, und gibt ihnen eine Einrichtung, welche den Öfen mit Kohlenfeuer ähnlich iſt. — Holzkohlen, Holz, Steinkohlen und Torf ſind die bey Operationen im Großen gewöhnlichen Brennmateriale.

Dieſe Materien werden entweder frey auf einem Herde oder in Öfen verbrannt, welche dann nach den verſchiedenen beabſichtigten Zwecken eine verſchiedene Einrichtung haben. — Auf dem Herde ſowohl als in den Öfen muß das Brennmaterial gehörig von der Luft beſtrichen werden. Hierzu eignen ſich die Roſte. Vollkommener, als auf einem offenen, iſt die Verbrennung in einem geſchloſſenen Herde, dergleichen einer in der Zeichn. 136. angedeutet wird, übrigens verſchiedene Abänderungen haben kann. Die Flamme des auf dem Roſte A brennenden Holzes wird hier durch den ſtarken Zug, der mittelſt der Röhre B hervorgebracht wird, durch den horizontalen Theil des Herdes fortgeführt; ſie und die heiße Luft erhitzen die eiſerne Platte, welche auch für die Kochgefäße mit Einſätzen verſehen ſeyn kann, damit dieſe hinreichend von der Flamme beſtrichen werden u. d. m. — Öfen ſind entweder Stubenöfen oder chemiſche Öfen (wir wollen unter den letztern auch die techniſchen verſtehen). — Die Öfen haben entweder einen natürlichen Luftzug, oder es wird mittelſt der Gebläſe eine Luftſtrömung darin bewirkt. Man nennet die erſtern Windöfen, die letztern Gebläſeöfen. Bey einem Windofen (Zeichn. 137.) ſind folgende Theile nothwendig: der Roſt r, auf welchem die Kohlen zu liegen kommen; der Feuerraum f, der Raum nähmlich über dem Roſte; der Aſchenherd a, der Raum unter dem Roſte; zu dieſem führt von außen eine Öffnung, das Aſchenloch genannt. In einem gemeinen Windofen kommen die zu erhitzenden Körper oder Gefäße in den Feuerraum. Manche Windöfen haben über dem Feuerraume einen abgeſonderten Arbeitsort. — Man gibt dem Windofen manchmahl über dem Feuerraume eine Wölbung, und läßt dieſe in eine engere Zugröhre ſich enden. So ein Ofen heißt ein Reverberirofen (Zeichn. 138.).

Dieſe Einrichtung dient, die Hitze im Feuerraume zuſammen zu halten, und den Luftzug zu verſtärken. Der Luftzug gründet ſich, hier und in allen Windöfen, eben ſo in dem geſchloſſenen Feuerherde (Zeichn. 136), auf das Aufſteigen der im Feuerraume erhitzten, alſo ſpecifiſch leichtern Luft, und dem Einſtrömen der kältern, alſo ſpecifiſch ſchwerern durch das Aſchenloch. Je tiefer demnach der Aſchenherd unter dem Feuerraume, und je höher die Zugröhre, deſto ſtärker der Luftzug. Zur Vermehrung dieſes letzteren führt man wohl auch aus dem Freyen einen Kanal unter dem Boden in den Aſchenherd, und verſchließt dann das Aſchenloch. So erhöht man dagegen den Feuerraum, und verbindet ihn wohl auch mit dem Schornſteine ſelbſt. — Zu den verſchiedenen Zwecken und von den dazu dienlichen Einrichtungen erhalten dann die Öfen beſondere Nahmen. —

Gebläſeöfen erhalten die nöthige Luft durch die verſchiedenen Arten von Gebläſe (§. 464.). — Als Gebläſe für Verrichtungen im Kleinen dienet das Löthrohr, und mehrere Arten von Schmelzlampen.

Bey Heitzung der Wohnungen tritt die äußere Luft durch den weiten Ofenhals h (Zeichn. 139.) in den Ofen, und nach ihrer Zerlegung und Erhitzung geht ſie aus dem manchmahl zu ſtärkerer Erwärmung der Zimmerluft verlängerten Zugrohre z r in den Schornſtein s. Wird nun ein ſolches Zugrohr in dem Ofen ſelbſt angebracht, ſo erhält man einen ſogenannten Circulationsofen. — Man kann ſo die Wärme der erhitzten Luft, des heißen Rauches u. ſ. w. auf verſchiedene Weiſe verwenden. Die Einrichtung der ſogenannten ſchwediſchen Öfen, welche gleichfalls Circulationsöfen ſind, iſt ſowohl zur Unterhaltung des Feuers, als auch zur Benützung der im Ofen erhitzten Luft ſehr zweckmäßig. Auch erhalten ſie in dem Zimmer immer reine Luft; denn der Aſchenherd öffnet ſich bey ihnen ins Zimmer, aus dieſem tritt die zur Verbrennung nöthige Luft in den Ofen, und wird durch diejenige erſetzt, die von außen durch Fenſter und Thüren eindringt. Aber eben darum wird bey dieſen Öfen das Zimmer weniger warm als bey ſolchen, in welche die kalte Luft außer dem Zimmer tritt. — Übrigens iſt, in Beziehung auf Öfen überhaupt, offenbar, daß nur jene Körper vorzüglich erwärmt werden, die mit der Flamme in Berührung ſind. Ein Feuer in der Mitte eines großen Ofens erwärmt wenig, und mithin iſt es vortheilhaft, den Theil, wo das Feuer brennt, ſchmal und niedrig zu machen, und durch einen hinreichenden Luftzug die Flamme zu zwingen, alle Wände möglichſt zu beſtreichen.

Die Materialien, aus welchen Öfen gebaut werden, ſind Eiſen-

blech, Gußeiſen, Thon und endlich gebrannte Backſteine, wie bey den ruſſiſchen Öfen, welche, nachdem ſie erhitzt ſind, lange Zeit hindurch Wärme ausſtrahlen. Welches aus dieſen gewählt werde, muß, ſo wie die Größe und Einrichtung des Ofens, durch den jedesmahligen Zweck beſtimmt werden. — Die ſchlechteſte Heitzung iſt die mit Kaminen, wo beynahe nur die unmittelbar aus den Flammen ſtrahlende und zum Theil von der Hinterwand reflectirte Wärme das Zimmer erwärmt. Eine vorzügliche Erwähnung dagegen verdienet die Heitzung mit erwärmter Luft. Hier ſteht der Ofen außer dem Zimmer in einer kleinen Heitzkammer, aus welcher die erhitzte Luft in das Zimmer durch eine mehrere Fuß über dem Fußboden angebrachte Öffnung ſtrömt, die kalte dagegen durch eine ähnliche Öffnung knapp am Fußboden in die Heitzkammer geleitet wird. Durch gehöriges Öffnen und Schließen der Luftlöcher läßt ſich die Wärme beliebig reguliren. Auf demſelben Princip beruhen auch die Luftſtröme, welche erfolgen, wenn der Ofen eines Zimmers mit einem gemauerten unten durchbrochenen Mantel umgeben wird. Die innerhalb desſelben erhitzte Luft ſteigt empor, die kalte dagegen ſtrömt unten nach, um ſich gleichfalls zu erhitzen. Iſt an der Wand des benachbarten Zimmers an der Decke ſowohl als an dem Fußboden eine ſchmale angemeſſene Öffnung angebracht, ſo werden zwiſchen beyden Zimmern ähnliche Luftſtröme veranlaßt (ſ. die Heitzung mit erwärmter Luft von P. T. Meißner. Wien bey Gerold. 3. Aufl. 1827).

Apparate zu Verſuchen über Feuerungsmittel. Dazu hat Rumford ſich ſeines Calorimeters bedient, welches in der Zeichn. 140. abgebildet iſt. In einem kupfernen Gefäße A befindet ſich eine ſchlangenförmig gewundene, gleichfalls kupferne Röhre R, die durch den Boden desſelben geht, und vor ihrem Eintritte einen Trichter T bildet. Um einen Körper auf den Wärmegehalt zu prüfen, den er beym Verbrennen liefert, wird eine beliebige Quantität davon genau abgewogen, und unter der Mündung der Schlangenröhre angezündet. Aus Holz müſſen zu dieſem Behufe kleine Späne gemacht werden. Man fährt mit dem Verbrennen ſo lange fort, bis das Waſſer auf eine gewiſſe Temperatur gebracht wird. Man macht dann denſelben Verſuch mit einem andern Brennmaterial, bey welchem das Waſſer wieder dieſelbe Temperaturserhöhung erfahren muß. Aus dem, was von jedem Brennmaterial übrig bleibt, erſieht man, wie viel von einem jeden zur Hervorbringung einer und derſelben Wirkung iſt verbraucht worden, woraus ſich ergibt, wie das eine Brennmateriale ſich zu dem andern in der hier fraglichen Beziehung verhalte. Dieſes Calorimeter iſt dem Weſen nach

derſelbe Apparat, deſſen ſich Despretz zur Beſtimmung der latenten Wärme bediente. Auch Montgolfier und May haben Calorimeter angegeben. Der erſtere bringt in ſeinem Apparate das Waſſer zum Sieden (Journ. des Mines, XIX), der letztere beſtimmt die erzeugte Wärme durch die Menge des verdampften Waſſers (Hermbſtädt's Bullet. V. 193.). Noch auf eine andere Weiſe und mehr ins Große ſtellt der Amerikaner Bull Verſuche über Steinkohlen, Holz und Holzkohlen an (ſ. Bullet. de la soc. d'encour. 1827).

Einige Reſultate aus vielen Verſuchen. Die Wärmemengen, welche verſchiedene Hölzer bey gleichem Rauminhalte geben, ſind folgende: Nußbaum mit ſchuppiger Rinde 100, weiße Eiche 86, Eſche 77, Roth- und Weiß-Buche 65, Ulme 58, Fichte 54, Kaſtanie 52, Birke 48, ital. Pappel 40. — Kohlen geben im Mittel dreymahl mehr Wärme als die gleiche Gewichtsmenge Holz. Ferner liefern alle Gattungen Kohlen gleichviel Wärme, die poröſeren verbrennen aber ſchneller als die weniger poröſen. In gewöhnlichen Kohlen hat man beyläufig 1 Prozent an unverbrennlichen Stoffen gefunden. Steinkohlen geben etwa $^2/_3$ der Wärme, die ein gleiches Gewicht Holzkohlen liefert. Die bey folgenden Körpern beygeſetzten Zahlen geben (nach Verſuchen verſchiedener Forſcher) die Pfunde Waſſers an, welche durch 1 Pfund von jedem dieſer Körper von 0° C bis auf 100° C erhitzt wird. Waſſerſtoffgas 221,25; Kohlenwaſſerſtoffgas 63,75, Kohlenoxydgas 18,57, Holz, trockenes 36,66, Holz mit 20 Proz. Waſſer 29,45, mit 25 Proz. Waſſer 26,00, Holzkohlen 70,50, Steinkohlen, die beſten 70,50, Coaks von 10 P. Aſchengehalt 63,45, Torf 15,00, Baumöhl 90,44, Rüböhl (gereinigtes) 93,07, Schwefeläther (von 0,728 ſpec. Gewicht) 80,30, Alkohol (0,8176 ſpec. Gew.) 61,95, Talg 71,86, weißes Wachs 94,79, Steinöhl 73,38, Phosphor 75,00, Terpentinöhl 45,00.

§. 716. II. Das an ſich ſo höchſt wohlthätige Feuer kann, wie jede Naturkraft, unter manchen Umſtänden Schaden und Verwüſtung bewirken. Dieſe ſchädlichen Wirkungen laſſen ſich nur dadurch verhüthen, daß alles das möglichſt entfernt werde, was dem Verbrennungsprozeſſe nothwendig iſt, oder ihn befördert; daß alſo den brennenden Körpern Wärme benommen, und der Beytritt der Luft möglichſt gehindert werde.

Verhüthet wird demnach die Feuersgefahr durch die Wahl ſolcher Baumaterialien, die nicht leicht entzündlich ſind, ferner durch einen

dichten Bau der Decken und Wände, um bey einer vorfallenden Entzündung den Luftzug zu hemmen. Auch können Dachwerke, wenn etwa entzündliche Materien dazu ſind verwendet worden, durch nicht entzündliche Anſtriche wenigſtens einiger Maßen geſchützt werden.

Ein im Schornſteine ausgebrochenes Feuer wird gelöſcht, wenn er abgeſchloſſen, und demnach der Zutritt der Luft verhindert wird; daher für die mögliche Abſchließung geſorgt werden ſollte. Entwickelung gasförmiger Stoffe, welche das Verbrennen hindern, kann ebenfalls als Löſchungsmittel dienen; ſo kann ein unter dem Schornſteine angezündeter Schwefel von erwünſchter Wirkung ſeyn.

Ein brennender Körper verliſcht auch, wenn er mit nicht brennbaren Materien bedeckt wird, wodurch gleichfalls die Luft gehindert wird, ihn zu berühren. Dazu eignen ſich Erde, Waſſer, naſſe Tücher u. d. m. Durch Waſſer werden die brennenden Körper gelöſcht, theils durch die eben erwähnte Verhüthung des Beytrittes der Luft, theils durch die Abkühlung, die dadurch entſteht, daß ein Theil des aufgegoſſenen Waſſers ſich in Dampf verwandelt, wodurch Wärme gebunden wird (§. 680.). Durch vorſichtigen Gebrauch kann mit wenig Waſſer viel bewirkt werden. Doch muß die Menge des Waſſers nicht zu klein ſeyn, indem ſonſt bey ſehr heftigem Feuer dasſelbe zerſetzt werden kann, und dann durch die daraus entwickelte brennbare Luft (§. 708. Zuſ.) das Feuer, ſtatt gelöſcht zu werden, vermehrt wird. — In Brand gerathene Fettigkeiten laſſen ſich mit Waſſer nicht löſchen; durch ſie wird das Waſſer ebenfalls zerſetzt; überdieß ſchwimmen ſie auf Waſſer, und bleiben ſo in Berührung mit der Luft. Man bedeckt ſie mit Aſche oder Erde.

Beſſer als reines Waſſer eignet ſich zu Löſchungsmitteln dasjenige, worin Alaun, Vitriol oder andere Salze aufgelöſet, oder worin Thon u. d. m. fein zertheilt enthalten iſt. Selbſt wenn das Waſſer verdampft, erhalten die heißen Brennmaterialien davon einen Überzug, der ſie etwas hindert, mit der Luft in Berührung zu treten.

## Die Quellen der Wärme zuſammengefaßt und eigens betrachtet.

§. 717. Die vorzüglichſten Quellen der Wärme ſind hiſtoriſch bereits im §. 625. kurz erwähnt worden. Hier ſollen ſie vollſtändiger angegeben, und, ſo weit dieſes angehet, aus den bisher vorgetragenen Lehren erkläret werden. Übrigens läßt ſich die eine Erregungsart der Wärme nicht ſelten auf eine

andere zurückführen, wie gezeigt werden ſoll. Die bekannten Wärmequellen ſind nähmlich folgende:

I. Das Sonnenlicht. Bekanntlich erwärmen ſowohl die auf die Körper unmittelbar auffallenden als auch die oft zurückgeworfenen und gebrochenen Sonnenſtrahlen, welche man das Tageslicht zu nennen pflegt. Vorzüglich iſt die Erhitzung, welche mittelſt des durch große Brennſpiegel und Brenngläſer geſammelten Sonnenlichtes hervorgebracht wird. Ob nun aber überhaupt Licht und Wärme eine und dieſelbe Naturthätigkeit ſey, oder das eine nur ein Theil des andern, oder ob eines das andere bloß begleite, dieſe Frage kann erſt in der Lehre vom Lichte beantwortet werden, wo auch von der verſchiedenen Erwärmung durch verſchieden farbiges Licht die Rede ſeyn wird.

II. Änderung der Aggregatform der Körper. Erwärmung entſteht nähmlich oft (nach §. 680.) durch das Freywerden der gebundenen Wärme, wenn ausdehnſame Flüſſigkeiten ihre Ausdehnſamkeit verlieren; ſie entſteht auch, wenn tropfbare Flüſſigkeiten in den Zuſtand der Feſtigkeit übergehen (§. 675.). Eben ſo war bereits von der Erkältung die Rede, welche bey Schmelzung und Verdünſtung der Körper Statt findet (§. 672., §. 680.).

III. Änderung der Wärmecapacität. Wie durch dieſe Änderung Erwärmung oder Erkältung entſtehe, iſt klar aus §. 660.

Die Urſachen von Capacitätsänderungen (welche gleichfalls dort bereits im Allgemeinen angegeben worden) ſind theils mechaniſche, theils chemiſche Einwirkungen der Körper auf einander. Zu den mechaniſchen gehören die Änderungen des Rauminhaltes (mithin Verdichtung und Verdünnung); Stoß und Schlag; dann die Reibung. Man hat auch eine Temperaturerhöhung beobachtet, wenn Flüſſigkeiten in lockere feſte Körper eindringen; auch hier dürfte eine Verdichtung der von dem feſten Körper angezogenen Flüſſigkeit die Urſache der Erwärmung ſeyn. — Die chemiſchen Einwirkungen können theils Wärme, theils Kälte auf ſehr mannigfache Weiſe erzeugen,

indem nähmlich a) bey Miſchung zweyer Stoffe immer auch eine Änderung des Rauminhaltes vorgeht (ſo z. B. hat eine Verdichtung Statt, wenn Weingeiſt mit Waſſer ſich miſcht, Schwefelſäure mit Waſſer u. d. m.); b) indem ſehr oft einer der ſich miſchenden Stoffe, oder auch wohl beyde eine Änderung ihres Aggregatzuſtandes erleiden, mithin eine Temperaturänderung nach Nr. II. Statt finden muß; — c) indem endlich das aus beyden Miſchungstheilen entſtehende Gemiſche eine neue innere Beſchaffenheit, mithin auch eine andere Wärmecapacität annimmt, daher eine Temperaturänderung ſich ergeben müßte, wenn auch das Volum und die Aggregatform ungeändert bleiben könnte. Aus dieſer Capacitätsänderung kann offenbar ſogar in dem Falle eine Wärmeerhöhung erfolgen, wenn auch das Volum des Gemiſches größer würde, als die Summe der Räume der ſich verbindenden Stoffe. — Von einem der merkwürdigſten chemiſchen Prozeſſe, dem der Verbrennung nähmlich, welcher hauptſächlich von uns zur Wärmeerregung benützet wird, iſt insbeſondere bereits ausführlicher geſprochen worden (§. 705. u. ſ. w.). Daß endlich alle Arten von Gährungen in chemiſchen Miſchungen und Entmiſchungen beſtehen, iſt an ſich klar und ohnedieß bekannt; daher die hiebey erſcheinenden Temperaturänderungen ſich im Allgemeinen von ſelbſt ergeben.

IV. Der Lebensprozeß. Es iſt eine bekannte Sache, daß lebende thieriſche Körper eine Quelle der Wärme in ſich haben, und ihre Temperatur von dem Wärmegrade ihrer Umgebungen beynahe unabhängig iſt. So z. B. iſt die Temperatur des menſchlichen Körpers nicht ganz 30° R (38°,5 C); ſie kann wohl bey ſehr ſtarker Hitze etwas geſteigert werden, doch äußerſt unbedeutend. Lavoiſier erklärte dieſe Erſcheinung aus der Freywerdung der Wärme beym Athmen, ähnlich derjenigen, die bey der Verbrennung Statt findet. Wir athmen nähmlich atmoſphäriſche Luft (Sauerſtoffgas und Stickgas) ein, und athmen dagegen beynahe das ganze Stickgas aus und ſehr wenig Sauerſtoffgas, ſtatt deſſen aber kohlenſaures Gas und Waſſerdampf. Daraus ſchließt Lavoiſier, daß ein Theil des Sauerſtoff-

gaſes ſich mit dem überflüſſigen Kohlenſtoffe des durch die Lungen ſtrömenden Blutes zu Kohlenſäure, ein anderer Theil mit dem Waſſerſtoffe desſelben zu Waſſer verbinde, ein Theil endlich eine Verbindung mit dem Blute eingehe. Dadurch wird das aus den Blutadern ins Herz einſtrömende venöſe Blut in arterielles verwandelt, welches durch die Pulsadern (Arterien) ausſtrömt, und eine merklich höhere Farbe hat. Durch dieſe Zerſetzung des Sauerſtoffgaſes wird nun Wärmeſtoff frey, der theils mit der gebildeten Kohlenſäure und dem gebildeten Waſſer in Verbindung tritt, theils als freyer Wärmeſtoff die thieriſche Wärme erzeugt. — Ganz hinreichend iſt wohl dieſe freygewordene Wärme nicht, um die Erſcheinung vollkommen zu erklären; auch haben andere Naturforſcher es auf andere Weiſe verſucht. So glaubte Crawford ſie daraus erklären zu können, daß das arterielle Blut eine größere Wärmecapacität hat als das venöſe. Indem es nun nach und nach beym Durchſtrömen des ganzen Körpers ſich wieder in venöſes verwandelt, ſo müſſe hierbey auch immerfort Wärme frey werden. — Noch andere ſuchten die Urſache in dem Ernährungsprozeſſe, nähmlich in der Verdauung, der Aſſimilation der Nahrungsſtoffe und ihrer mannigfachen Verwandlung, bey welcher immerwährende Capacitätsänderungen vorgehen mögen. — Von noch anderen wurde die Lebenswärme als eine Folge der Nervenwirkung angeſehen. — Wahrſcheinlich haben alle dieſe Prozeſſe einen Antheil daran; daß aber der Athmungsprozeß immer ein Hauptrolle dabey ſpielen möge, wird daraus erſichtlich, daß die mit Lungen verſehenen Thiere die höchſte Temperatur beſitzen, und unter dieſen wieder eine höhere die Vögel, welche bekanntlich ſchnell athmen, und auch in ihren Knochen Luft haben. Übrigens iſt eine umſtändliche Erörterung dieſer Erſcheinung ein Gegenſtand der ſpeciellen Naturlehre organiſcher Körper. Nur ſo viel ſoll hier noch beygefügt werden, daß auch die Pflanzen der Lebenswärme nicht entbehren. Man hat Bäume im Winter angebohrt, die Kugel eines Thermometers in die Öffnung geſteckt, und die Temperatur über 0° C gefunden, wenn auch die äußere Temperatur mehrere Grade unter Null war.

V. Elektricität. Wie Körper durch dieſelbe bis zum Glühen erhitzt und brennbare entzündet werden, davon, ſo wie von dem Beyſammenſeyn der verſchiedenſten Naturprozeſſe mit dem elektriſchen kann erſt bey Gelegenheit ſpäterer Lehren geſprochen werden.

VI. Eine gewiſſe Grundwärme der Erde. Viele in neuerer Zeit gemachte Beobachtungen nähmlich haben gelehrt, daß die Temperatur in einer gewiſſen Tiefe unter der Oberfläche der Erde ſich nicht merklich verändere, mithin von den Änderungen derſelben an der Oberfläche der Erde unabhängig ſey, in noch größeren Tiefen aber wieder zunehme. Die Beobachtungen darüber ſind angeſtellt worden in natürlichen Höhlen, in Schachten und in Bohrlöchern (mittelſt einer Anwendung von Erdbohrern). Dieſe Zunahme der Wärme befolgt übrigens nicht überall dasſelbe Geſetz, iſt an manchen Orten bedeutender als an andern, und der Unterſchied iſt nicht abhängig von der geographiſchen Lage der Orte. Im Mittel kann man für eine Zunahme der Tiefe von vielleicht 100 bis 150 W. Fuß eine Zunahme der Temperatur von etwa 1° C annehmen. In Folge einer ſolchen Zunahme müßte in einer Tiefe von mehreren Meilen ſchon Glühhitze vorhanden ſeyn. — Dieſe Wärme nun kann offenbar nicht von der Einwirkung der Sonnenſtrahlen herrühren, im Gegentheil muß die durch dieſe Strahlen bewirkte Wärme mit der Zunahme der Tiefe abnehmen, und endlich null werden. Es muß demnach ein anderer Grund derſelben vorhanden ſeyn. Und obgleich dieſer nicht mit hinreichender Sicherheit angegeben werden kann, ſo läßt ſich die Erſcheinung als Thatſache doch nicht abläugnen. Schon in alten Zeiten hat man, vorzüglich durch die vulkaniſchen Erſcheinungen veranlaßt, ein ſogenanntes Centralfeuer im Innern der Erde angenommen, welche Annahme indeſſen, nach dem jetzigen Zuſtande der Wiſſenſchaft nicht wohl ſtatthaft iſt.

Einige beygefügte Angaben und Erörterungen.

In Beziehung auf I. Die Erwärmung durch das Tageslicht wird beſonders mittelſt des Mikroelektrometers (§. 636.) wahrnehmbar. Iſt nähmlich die eine Kugel desſelben geſchwärzt: ſo ſinket unter derſelben die Flüſſigkeit. Howard will ſelbſt die Mondesſtrahlen mittelſt dieſes Thermoſcops erwärmend gefunden haben.

In Beziehung auf III. — Erwärmung durch Verdichtung der Luft. Man nimmt an, daß durch eine etwa fünffache Zuſammendrückung der Luft eine Temperaturerhöhung von etwa 288° C bewirkt werde. Dieſes gründet ſich auf folgende Erfahrungen und Betrachtungen. Durch eine etwa fünffache Zuſammendrückung der Luft im pneumatiſchen Feuerzeuge (§. 660. Zuſ.) entzündet ſich der Schwamm. Dieſer entzündet ſich auch auf ſchmelzendem Bley (325° C); er entzündet ſich aber noch nicht auf ſchmelzendem Wismuth (248° C). Man ſchließet nun, daß er ſich in der mittleren Temperatur von dieſen beyden (etwa 288° C oder etwas darüber) entzünden möge. Doch iſt dieſe Beſtimmung nicht genau, wie von ſelbſt einleuchtet. — Angenommen indeſſen, daß durch eine erſt 8 oder 10fache ſchnelle Zuſammendrückung eine Temperaturerhöhung von etwa 300° C hervorgebracht würde: ſo könnte man auch annehmen, daß Luft auf das 5, 8 oder 10fache comprimirt und dann auf 0° C erkaltet durch nachherige ſchnelle Ausdehnung eine ungeheure Kälte erzeugen müßte. —

Erwärmung durch Benetzung. Eine ſolche hat Pouillet am Glaspulver, am Thon in Pulverform, an Kohle, Wolle, Baumwolle, Eiſenfeile, Samenkörnern, Wurzeln ꝛc. beobachtet, wenn dieſe Körper mit Waſſer, Weingeiſt, Äther oder Öhl benetzt wurden.

Erwärmung durch Stoß. Hierher gehört vorzüglich das gewöhnliche Feueranſchlagen. Die ſprühenden Funken ſind losgeriſſene glühende Stahltheilchen. Werden ſie auf weißem Papiere aufgefangen: ſo bekommt man ſchwarze Puncte, die durch ein Vergrößerungsglas als geſchmolzene Stahlſtückchen von verſchiedener Geſtalt erſcheinen. — Die Erhitzung beym Hämmern der Metalle iſt bereits erwähnt worden (§. 660.).

Erwärmung durch Reibung. Ein merkwürdiges Beyſpiel derſelben iſt die Methode mancher Völker, durch Reiben zweyer Hölzer Feuer zu machen. Es wird in ein weicheres Stück Holz eine Vertiefung geſchnitten, ein härteres zugeſpitztes hineingeſetzt, und ſchnell um ſeine Achſe gedreht. — Ein mit der Harpune getroffener Wallfiſch zieht das Seil der Harpune ſehr ſchnell über den Rand des Bootes nach ſich. Die Stelle pflegt man mit Waſſer zu befeuchten, ſonſt wird das ganze Boot in Rauch gehüllt. — Bekannt iſt die Erhitzung des Eiſens und Stahls beym Schleifen; es ſprüht Feuerfunken. Durch Drechſeln laſſen ſich ſchwarze Ringe ins Holz einbrennen. Daß Feilen, Bohrer, Sägen ꝛc. beym Gebrauche heiß werden, iſt eine bekannte Sache; eben ſo, daß Achſen der Wägen u. d. m. ſich entzünden können, wenn ſie nicht gehörig einge-

ſchmiert ſind. — Graf Rumford hat über die Erhitzung durch Reibung intereſſante Verſuche angeſtellt. Durch Reibung eines ſtumpfen Bohrers auf dem Boden eines Kanonenlaufes iſt es ihm gelungen, Waſſer bis zur Siedhitze zu bringen. Der Bohrer wurde mit einer Kraft = 10000 Pfund angedrückt, die Zahl der Umdrehungen in einer Minute war = 32. Pictet hat auch im luftverdünnten Raume Wärme durch Reibung bewirkt. — Beſonders iſt es merkwürdig, daß die Wärmeerzeugung immer anhält, ſo lange das Reiben Statt findet, und mithin kaum eine Gränze zu haben ſcheint; eine Erſcheinung, die aus der Annahme eines Wärmeſtoffes und der Anhäufung desſelben bey ſteigender Temperatur ſchwer zu erklären iſt.

Erwärmung durch chemiſche Einwirkung. Hierher gehören alle ſogenannten Pyrophore oder Selbſtzünder, nähmlich Stoffe, welche durch wechſelſeitige Einwirkung ſich bis zum Entzündungsgrade erwärmen, oder auch ſchon bey der gewöhnlichen Temperatur ſich mit dem Sauerſtoffe verbinden. So z. B. entzündet ſich naſſes Heu und Stroh, geöhlte Wolle, Kienruß mit Öhl und Hanf u. d. m.; die ſogenannten künſtlichen Vulkane (nähmlich ein Gemenge von Eiſenfeile und Schwefel, welches naß in die Erde vergraben wird). So entzündet ſich Nelkenöhl beym Zugießen von rauchender Salpeterſäure. Bekannt ſind die mit chlorſaurem Kali beſtrichenen Schwefelhölzchen, welche durch Schwefelſäure benetzt ſich entzünden. — Zu einer eigentlichen Verbrennung gehöret die Erſcheinung des bereits (§. 713. Zuſ.) angeführten Glühlämpchens.

In Beziehung auf IV. — Bey ſehr hohen äußeren Temperaturen kann die Lebenswärme bis etwas über 31°R geſteigert werden, aber mit einer Empfindung von Unbehagen. Übrigens hat man keinen Unterſchied der Lebenswärme bey Menſchen von verſchiedenem Alter und den Bewohnern verſchiedener Klimate, nur eine etwas niedrigere bey Neugebornen gefunden. — Bey einer Katze hat man die Temperatur von 39°,78 C, bey einem Sperling 41°,9 C, bey Tauben 42°,98 C, bey einem Goldammer 42°,88 C beobachtet.

Daß wir Kohlenſäure ausathmen, läßt ſich durch einen leichten Verſuch zeigen. Bläſt man nähmlich durch ein Röhrchen in Kalkwaſſer (eine Auflöſung der reinen Kalkerde in Waſſer): ſo trübt ſich dieſes; indem die Kalkerde mit der Kohlenſäure einen im Waſſer unauflösbaren Körper bildet. — Den ausgeathmeten Waſſerdunſt wird man gewahr, wenn man den Athem mit einer kalten Glasſcheibe auffängt, welche ſogleich bethaut, und nach und nach naß wird.

Rückſichtlich des Blutumlaufes muß man den großen und kleinen Kreislauf unterſcheiden. Bey dem erſten ſtrömet das Blut aus dem

Herzen durch die Pulsadern in die entfernteſten Theile des Körpers, und kommt durch die Blutadern zurück; bey dem kleinen ſtrömet dieſes zurückgekommene Blut aus dem Herzen in die Lungen und kehrt verändert zum Herzen zurück, um nun wieder den großen Kreislauf zu beginnen.

Eine merkwürdige, durch eine Art abnormen Lebensprozeß herbeygeführte Erſcheinung findet Statt bey den ſogenannten Selbſtverbrennungen, welche zwar zu ſehr ſeltenen Fällen gehören, aber durch mehrere Erfahrungen wohl außer Zweifel geſetzt zu ſeyn ſcheinen. Die Mehrzahl derſelben ſoll ſich ergeben haben an Perſonen weiblichen Geſchlechtes, von bedeutend hohem Alter, die wohlbeleibt und dem Genuſſe geiſtiger Getränke unmäßig ergeben waren. Doch iſt keiner dieſer Umſtände eine nothwendige Bedingung, indem auch Ausnahmen von dieſer Regel Statt gefunden haben. So führet Battaglia (Fouquet Bibl. salutaire 1801) ein Beyſpiel dieſer Art von einem Manne an, der weder dickleibig, noch geiſtigen Getränken ergeben war; Proteau (im Journ. gén. de Méd. chir. 1814) eines von einer Frau von 29 Jahren. — Kopp und andere ſuchen die Urſache in vielem ſich entwickelten Waſſerſtoffgas, welches ſich durch aufgelöſeten Phosphor oder vielleicht durch Elektricität entzünde. Andere ſind anderer Meinung (ſ. Kopps ausführliche Darſtellung der Selbſtverbrennungen des menſchlichen Körpers). —

In Beziehung auf VI. — Die Annahme einer gewiſſen Grundwärme der Erde beruhete noch vor wenigen Jahren hauptſächlich 1) auf den vulkaniſchen Erſcheinungen; 2) auf der Abplattung der Erde. Unter der Vorausſetzung nähmlich, daß die Erde einmahl flüſſig oder weich geweſen iſt, müßte ſie durch die tägliche Umdrehung eine Geſtalt erhalten haben, ähnlich derjenigen, die ſie wirklich hat. Nimmt man nun zugleich an, daß ſie ihren flüſſigen Zuſtand der Wärme zu danken hatte: ſo wird mit dem allmählichen Feſtwerden auch immer allmählich Wärme frey (§. 675.). Dieſe Freywerdung kann durch Jahrtauſende fortgehen. — Die ehemahlige Annahme eines eigentlichen Centralfeuers (eines Verbrennungsprozeſſes) im Innern der Erde iſt nicht ſtatthaft, weil wenigſtens ein Prozeß gewöhnlicher Verbrennung ohne Zutritt von Luft unerklärlich iſt; daher man dieſe Grundwärme auch auf andere, wie z. B. auf die hier erwähnte Weiſe, zu erklären ſuchte. — Mairan nahm dieſe Wärme 393 Mahl ſo groß an als die durch Sonnenſtrahlen an den kürzeſten Tagen zu Paris erzeugte. —

Mag nun aber dieſer inneren Wärme der Erde was immer für eine Urſache zu Grunde liegen, ſo iſt das Vorhandenſeyn derſelben

nach den erwähnten Beobachtungen nicht zu bezweifeln, und hiermit fällt von ſelbſt diejenige Meinung weg, nach welcher angenommen wurde, der Erdball ſey von Kälte erſtarrt, und werde nur an der Oberfläche durch die Sonnenſtrahlen erwärmt. — Im Waſſer kann übrigens die Wärme nicht ſo mit der Tiefe zunehmen, ſie muß vielmehr abnehmen, weil (nach §. 649.) die kälteren Theilchen ſich nach abwärts begeben. Die Abnahme der Wärme iſt anfangs ziemlich bedeutend, wird immer geringer, und in einer gewiſſen Tiefe endlich unmerklich. Es iſt leicht erklärlich, daß in einer größern geographiſchen Breite die Tiefe, wo die Temperatur ihr Minimum erreicht, kleiner ſey als näher am Äquator. Daß in ſolchen Breiten, wo das Meer zugefroren iſt, ſich keine Beobachtungen in dieſer Beziehung anſtellen laſſen, iſt an ſich klar. Die niedrigſte Temperatur der Tiefen gibt Lenz (Ann. der Phyſ. N. F. 20. 73.) 2°,2 an, wobey die gemeſſene Tiefe = 1000 Toiſen war. Man fand indeſſen das Meerwaſſer auch unter 0° C, aber nicht gefroren, als Folge des Salzgehaltes. So fand Peron in einer Tiefe von 1430 Meter = — 2°,7 C. Die Beobachtung geſchah im 67° N. Br. am 20. Juny, bey einer Temperatur an der Oberfläche des Meeres = 0° C. — Merkwürdig iſt es, daß in den Schweizerſeen das tiefſte Waſſer nicht kälter als etwa 4° C, auch über 5° C beobachtet wird. Dieſes erkläret ſich indeſſen leicht aus der im §. 665. angeführten Erſcheinung, daß das Waſſer nicht bey 0° C, ſondern etwas unter 4° C die größte Dichte hat. Sind nun die oberen Waſſertheilchen bis auf dieſe Temperatur abgekühlt: ſo müſſen ſie bis in die Tiefe ſinken; alle noch kälteren aber (eben weil ſie ſpecifiſch leichter ſind) können nicht dahin gelangen; noch viel weniger kann das Eis nach unten ſich begeben, es iſt noch ſpecifiſch leichter und ſchwimmt, wie jedermann bekannt iſt (§. 661.).

## Zweytes Hauptſtück.

### Von den Erſcheinungen des Lichtes.

§. 718. Die Wahrnehmung äußerer, mehr oder weniger von uns entfernter Gegenſtände mittelſt des Auges nennen wir das Sehen. Diejenige Naturthätigkeit, vermöge deren die Körper auf unſer Auge ſich wirkſam erweiſen, bezeichnen wir mit dem Nahmen des Lichtes.

Einige unter den Alten ſtellten ſich vor, es ſey etwas aus dem Auge hervor und nach den Gegenſtänden hin gehendes, welches das Sehen bewirke. Dann aber müßte man auch in der dunkelſten Finſterniß ſehen können.

§. 719. Die Erfahrung lehrt, daß es viele Körper gibt, welche uns ohne Beyhülfe anderer ſichtbar ſind, wir nennen ſie leuchtende; andere dagegen werden nur durch Hülfe der leuchtenden geſehen, ſie heißen dunkle Körper, und im Zuſtande ihrer Sichtbarkeit beleuchtete. — Zu den leuchtenden gehören: 1) Die Sonne und die Fixſterne, zum Theile auch höchſt wahrſcheinlich die Kometen (nach §. 190.). 2) Brennende Körper, beſonders diejenigen, welche mit einer Flamme verbrennen. 3) Leuchtende Thiere, wie z. B. die Johanniswürmchen. 4) Modernde und faulende Körper, z. B. moderndes Holz, faulende Seefiſche. 5) Glühende Körper. Die meiſten Körper nähmlich (auch wenn ſie nicht brennbar ſind, doch bey großer Hitze unzerſtört bleiben) können durch Erhitzung in einen Zuſtand gebracht werden, in welchem ſie leuchten. Man nennt ſie nur dann eigentlich glühend, wenn der Grad ihrer Erhitzung bedeutend iſt. Wenn die Erhitzung allmählich zunimmt, ſo zeigt der leuchtend wer-

bende Körper zuerſt ein mattes rothes Licht, welches nach und nach bey immer verſtärkter Hitze in Weißglühen übergeht. — Körper, welche bey nicht ſehr erhöhter Temperatur leuchtend werden, pflegt man phosphoreſcirende zu nennen. Man gibt wohl auch den Körpern 3) und 4) dieſen Nahmen. 6) Lichtſauger oder Lichtmagnete, d. h. Körper, welche, nachdem ſie eine Zeit lang hinlänglich ſind beleuchtet worden, ſich ſelbſt als leuchtend zeigen, wenn man ſie an einem finſtern Orte beobachtet. Dazu gehören vorzüglich manche Diamanten, der Flußſpath ꝛc. 7) Electriſirte Körper.

Über die Lichtſauger wurden von mehreren älteren und neueren Forſchern Verſuche angeſtellt. Zu den letzteren gehören vorzüglich die von Heinrich und Deſſaignes. — Auch einige künſtlich bereitete Körper zeigen ſich als merkwürdig in dieſer Beziehung, nähmlich der bononiſche Leuchtſtein (gepulverter, durch Eyweiß wieder zu einer Maſſe verbundener und lange ſtark geglühter Schwerſpath, der dann in einer wohl verſtopften Glasröhre aufbewahrt wird); der Schwefelkalk, oder Kantons Phosphor (welcher aus gebrannten Auſterſchalen mit einem Drittel ſo viel Schwefelleber gemiſcht erhalten wird). Er ſoll ſogar durch Mondeslicht leuchtend werden. — Die Farbe des Lichtes iſt verſchieden bey den verſchiedenen Lichtmagneten, und hängt nicht ab von der Farbe desjenigen, dem ſie ausgeſetzt werden. — Über die durch Erwärmung leuchtenden Körper hat gleichfalls Heinrich zahlreiche Verſuche angeſtellt und gefunden, daß es ſehr viele Mineralien gibt, die durch Erwärmung wenigſtens ein ſchwaches Licht im Dunkeln zeigen (ſ. ſeine Schrift über Phosphoreſcenz). Der eigentliche Phosphor leuchtet ebenfalls im Finſtern; allein dieſes Leuchten iſt mit einem langſamen Verbrennen verbunden. Er gehört demnach zu den Körpern in der Nummer 2.

Viele Körper werden auch leuchtend durch Reiben oder durch Stoß. So z. B. der Diamant, wenn er mit Wolle gerieben wird; Zucker, wenn er mit einer ſpitzigen Feder gekratzt oder zerſtoßen wird ꝛc.; verſchiedene harte Steine, wenn man ſie an einander reibt. — Auch bey tropfbar flüſſigen Stoffen, die man in einem dicken Glasrohre ſchnell zuſammengedrückt hat, hat man ein Leuchten wahrgenommen (ſ. Schweiggers n. J. B. VIII. S. 116 u. 117).

Zu den merkwürdigſten leuchtenden Inſecten gehört der Laternträger (fulgora), ſowohl der ſurinamiſche (laternaria) als der chine-

ſiſche (calendaria). Sie werden zu der Ordnung der Hemipteren gezählt. An ihrer Stirne befindet ſich eine hornarartige Blaſe, welche einen hellen Schein verbreitet. Die zuerſt genannte Art iſt die größte. Die leuchtende Blaſe iſt an Größe beynahe dem ganzen übrigen Körper gleich. Die Wilden in Guiana ſollen ſich ihrer ehemahls als Leuchte bedient haben — Unſer Johanniswürmchen (lampyris noctiluca) leuchtet ziemlich helle, das Weibchen ſtärker als das Männchen; nur das letztere iſt geflügelt. Auch gibt es mehrere leuchtende Thiere aus der Claſſe der Würmer, z. B. die Pholade (Sternmuſchel, Bohrmuſchel), die ſich in Felſen einbohrt; die leuchtende Seefeder (pennatula phosphorea) aus der Ordnung der Zoophyten, manche Gattungen der Qualle oder Meerneſſel (medusa) aus der Ordnung der Mollusken u. a. m. Die letztern tragen bey zum Leuchten des Meeres. — Auch bey manchen Pflanzen will man ein Leuchten beobachtet haben, z. B. bey der Kapuzinerblume (Tropaeolum majus), die zuweilen Abends einen blitzenden Schein zeigen ſoll. — Hierher gehört auch vorzüglich die Rhizomorpha phosphorescens, eine Pflanze, die unterirdiſch wächſt.

§. 720. Die Größe oder Stärke des Lichtes heißt Helligkeit. In Beziehung auf den leuchtenden Körper wird ſie erleuchtende Kraft, in Beziehung auf den beleuchteten Erleuchtung genannt. In wiefern die Helligkeit dem Auge ſichtbar iſt, nennet man ſie auch Glanz oder ſcheinbare Helligkeit.

§. 721. Ferner zeigen die Körper in Beziehung auf das Licht noch jene Verſchiedenheit, vermöge deren man die einen durchſichtig, die andern undurchſichtig nennet. Die letzteren berauben uns der Sichtbarkeit eines Gegenſtandes, wenn ſie zwiſchen ihm und unſerm Auge ſich befinden, die erſtern nicht. Es gibt bekanntlich unzählige Grade der Durchſichtigkeit. Körper, die nur ein wenig durchſichtig ſind, nennet man durchſcheinend.

§. 722. Über das Weſen des Lichtes hat es ſchon verſchiedene Meinungen gegeben. Wir wollen vor der Hand nur der zwey vorzüglichſten hypothetiſchen Vorſtellungsweiſen, welche man ſich über die Verbreitung der Wirkungen dieſer

Naturthätigkeit gemacht hat, in Kürze erwähnen. Übrigens ſollen hier die Erſcheinungen des Lichtes und ihre Geſetze möglichſt frey von jenen Hypotheſen dargeſtellt, und nur nach der jedesmahligen Betrachtung von zuſammengehörigen Thatſachen ſoll bemerkt werden, wie man dieſelben nach der einen und andern Anſicht hypothetiſcher Weiſe zu erklären oder wenigſtens zuſammenzufaſſen ſich bemühet habe.

I. Nach der einen Anſicht (welche man das Emanationsſyſtem nennet) ſtellt man ſich vor, das Licht ſey eine feine Materie, welche von der Oberfläche des leuchtenden Körpers ſich losreißt, und von jedem Puncte aus in geraden Linien und mit einer ungeheuren Geſchwindigkeit nach allen Richtungen ſich verbreitet. Der leuchtende Körper ſendet alſo die Lichttheilchen aus, und iſt ſo einigermaßen einem verdünſtenden Körper ähnlich; der beleuchtete iſt derjenige, auf welchen dieſe ausgeworfenen Lichttheilchen auffallen, und wieder (mehr oder weniger) zurückgeworfen werden. Der mehr oder weniger durchſichtige Körper iſt derjenige, durch welchen dieſe Lichttheilchen mehr oder weniger ungehindert ihren Weg fortſetzen. — Dieſe Lichttheilchen muß man ſich übrigens als äußerſt fein, und mit anziehenden und abſtoßenden Kräften begabt denken. Daß ſie von den Körpern, gleich andern Materien, angezogen werden, wird demnach nicht nur nicht geläugnet, ſondern vielmehr behauptet, und beſonders diejenige Veränderung ihrer Bewegung daraus erkläret, die bey dem Übergange des Lichtes aus einem durchſichtigen Körper in den andern Statt findet. Die Unwägbarkeit des Lichtes wird mithin nicht als Folge des Mangels an Anziehung betrachtet, ſondern bey dem bewegten Lichte als Folge ſeiner außerordentlichen Geſchwindigkeit, bey dem gebundenen (mit den Körpern vereinigten) als Folge der äußerſten Feinheit. Übrigens aber werden die Lichttheilchen nicht alle als unter einander gleich angenommen, ſondern vielmehr als verſchieden rückſichtlich ihrer Maſſen und rückſichtlich ihrer inneren Beſchaffenheit, aus welcher Verſchiedenheit die Erſcheinung des verſchieden farbigen Lichtes abgeleitet wird.

II. Nach der zweyten Hypotheſe (die man das Vibra-

tionsſyſtem oder die Undulationshypotheſe nennt) iſt der ganze Weltraum mit einer äußerſt feinen ausdehnſamen Materie erfüllt. Man gibt ihr den Nahmen Äther. Das Leuchten beſteht in einer Schwingungsbewegung desſelben, mithin in Ätherwellen, wie der durch die Luft fortgepflanzte Schall in einer Schwingungsbewegung der Luft, in Luftwellen beſteht (§. 606.). Der leuchtende Körper iſt demnach ein ſolcher, deſſen Puncte der Oberfläche in einer Schwingungsbewegung begriffen ſind, welche ſich dem Äther mittheilt; er iſt demnach dem ſchallenden Körper ähnlich. Der beleuchtete Körper hat dann eine Ähnlichkeit mit dem Hinderniſſe, von welchem der Schall als Widerhall zurückkehrt. Der durchſichtige Körper endlich iſt ein ſolcher, welcher entweder dieſe Schwingungsbewegung ſelbſt anzunehmen, und durch ſeine Maſſe fortzupflanzen vermögend iſt, oder der mit Äther erfüllt iſt, welchem dieſe Bewegung mitgetheilt wird. — Noch muß in Beziehung auf dieſe Hypotheſe Folgendes bemerkt werden: 1) Man denkt ſich die Äthertheilchen durch ihre wechſelſeitige abſtoßende Kraft in Abſtänden von einander, welche ſo groß ſind, daß die Größe der Theilchen dagegen verſchwindend iſt. 2) Dieſe Äthertheilchen ſind der Schwere nicht unterworfen. 3) Die ſpecifiſche Elaſticität des Äthers in den Körpern iſt kleiner als im leeren Raume; ſie iſt in verſchiedenen Körpern verſchieden. 4) Die Schwingungen der Äthertheilchen bringen im Auge die Empfindung des Lichtes hervor; die verſchiedene Geſchwindigkeit derſelben aber bewirkt die Empfindung des verſchieden farbigen Lichtes. 5) Nach dieſer Geſchwindigkeit richtet ſich, wie bey den Luftſchwingungen, die Länge der Wellen.

Wäre man übrigens auch über die Materialität ſowohl als über die Fortpflanzungsweiſe des Lichtes ganz im Reinen: ſo bliebe immer noch die Frage übrig, ob das Licht eine ganz eigene Materie ſey, oder vielleicht dieſelbe mit dem Wärmeſtoffe, oder der elektriſchen Materie, oder eine aus bekannten Stoffen zuſammengeſetzte; — worüber es gleichfalls ſchon verſchiedene Meinungen und Vermuthungen gegeben hat.

Wir finden hier noch Einiges kurz beyzufügen nöthig, nähmlich:

1. In Beziehung auf das Emiſſionsſyſtem. Zum Behufe der Erklärung gewiſſer Erſcheinungen muß noch angenommen werden, daß jedes Lichttheilchen auf ſeinem Wege abwechſelnd in den Zuſtand gerathen könne, leichter durch einen durchſichtigen Körper durchgelaſſen oder leichter zurückgeworfen zu werden, welche Zuſtände aus einer Achſendrehung dieſer Theilchen entſtehen dürften, wodurch ein Abwenden oder Zuwenden ihrer anziehenden oder anſtoßenden Puncte oder Pole bewirket wird.

2. In Beziehung auf die Vibrationshypotheſe. Obgleich man hier die Erſcheinungen des Lichtes im Ganzen genommen ähnlich mit denen des Schalles zu erklären ſucht, ſo nimmt man dennoch wieder mancherley Unterſchiede an. Vorzüglich iſt hier die Richtung der Fortpflanzung des Lichtes und die Richtung der einzelnen Schwingungen wohl zu bemerken, welche beyde Richtungen ſenkrecht auf einander ſtehend gedacht werden, weßhalb auch zwiſchen Schwingung (Vibration) und Lichtwelle (Undulation) ein Unterſchied zu machen iſt. Weil man nähmlich als Hülfshypotheſe annimmt, die Äthertheilchen ließen ſich wohl unter einander verſchieben, aber ſchwer einander nähern, ſo muß die Bewegung eines Theilchens (Zeichn. 141.) von m nach n auch in den nahen Theilchen a, b, c eine parallele Bewegung veranlaſſen, dieſe bewirken eine ähnliche in den Theilchen d, e, f, dieſe in g, h, i u. ſ. w. Die Fortpflanzung geſchieht mithin in der auf m n ſenkrechten Richtung. Der Hin- und Hergang in der Richtung m n und n m iſt nun eine Vibration. — Da die Mittheilung der Bewegung m n ſich zwar mit äußerſter Schnelligkeit, doch nicht in einem und demſelben Augenblicke auf jede Entfernung hin fortpflanzet: ſo ſind natürlicher Weiſe die Excurſionen in der erſten, zweyten ꝛc. Reihe der Theilchen in demſelben Augenblicke nicht gleich. Wenn nun für das Theilchen zwiſchen m und n die Bewegung von n aus ſchon wieder zurückgeht: ſo wird ſie in irgend einer Reihe von Äthertheilchen erſt von links nach rechts beginnen; in einer noch entferntern Reihe wird ſie noch ſpäter beginnen, und zwar erſt in dem Augenblicke, in welchem ſie in der erſten neuerdings von links nach rechts beginnet. Die Entfernung dieſer beyden Reihen beſtimmt die Lichtwelle oder Undulation. Undulationslänge iſt mithin die Länge, durch welche eine Welle während der Dauer einer ganzen Schwingung fortſchreitet. Dieſe Fortſchreitung geſchieht übrigens gleichförmig, ſie geſchieht rings um einen Mittelpunct, und ſo können die Lichtwellen (ähnlich den Schallwellen) gleichfalls Kugelſchalen bilden, können übrigens auch ellipſoidiſch ſeyn. Wir werden bey ſpäteren Gelegenheiten darauf zurückkommen, und es muß genügen, hier nur dieſes Wenige vorläufig angedeutet zu haben.

3. In Beziehung auf das Weſen des Lichtes. Zweyer Anſichten über die Natur der Lichtmaterie haben wir bereits gelegenheitlich erwähnt (§. 706.), noch andere Vermuthungen darüber ſind ausgeſprochen worden. So z. B. äußert Oerſtedt die Meinung, das Licht ſey eine Reihe von Zerſetzungen und Verbindungen der elektriſchen Flüſſigkeit, welche den Weltraum in einem im Gleichgewichte befindlichen (mithin an ſich nicht leuchtenden) Zuſtande erfüllet.

§. 723. Begriff von einem Lichtſtrahle. Wir wollen keineswegs die Sprache irgend einer Hypotheſe ſprechen, ſondern eine reine Thatſache bezeichnen, wenn wir ſagen, das Licht verbreite ſich von jedem leuchtenden Puncte aus in Strahlen. Wir verſtehen nähmlich unter Lichtſtrahl die Wirkung der uns dem Weſen nach unbekannten Naturthätigkeit, die wir das Licht nennen, nach geraden Linien. Daß aber das Licht wirklich nach ſolchen Linien ſich wirkſam erweiſe, iſt nicht nur allgemein bekannt, ſondern ſoll ſpäter auch eigens erörtert werden.

Will man dieſe Thatſache in der Sprache der Emiſſionshypotheſe ausdrücken: ſo bezeichnet das Wort Lichtſtrahl die Richtung des Weges, den ein Lichttheilchen oder (was im Grunde dasſelbe iſt) eine Reihe von einander folgenden Lichttheilchen nimmt. Dieſe können ungeheure Abſtände von einander haben. Denn, wegen der erſt ſpäter zu erweiſenden Geſchwindigkeit des Lichtes könnte ein Theilchen von dem andern mehrere hundert Meilen entfernt ſeyn, und dennoch würde das Auge den leuchtenden Punct ohne Unterbrechungen ſehen.

Nach der Vibrationshypotheſe aber iſt ein Lichtſtrahl eine gerade Linie, welche ſenkrecht gezogen wird auf die Oberfläche einer Welle (vorausgeſetzt daß dieſe eine ſphäriſche iſt). Wir haben in demſelben Sinne auch von Schallſtrahlen geſprochen (§. 606.). Iſt die Welle nicht ſphäriſch (ſondern etwa ellipſoidiſch): ſo iſt die Richtung des Strahles nicht ſenkrecht auf jene Oberfläche. Der Strahl ſelbſt iſt mithin die Reihe von Äthertheilchen, welche in dieſer geraden Linie liegen. Die Richtung des Strahles (oder die Fortpflanzungsrichtung des Lichtes) iſt aber nicht zu verwechſeln mit der Richtung der Vibration, wie bereits iſt gemeldet worden (§. 722. Zuſ.).

§. 724. Das, was wir Licht nennen, wirkt nicht bloß auf den Sinn des Geſichtes (es leuchtet nicht bloß), ſondern

äußert auch verſchiedene andere Wirkungen auf die Körper. Auch dieſe wirken auf das Licht, welches auf ſie auffällt, und (wenn ſie undurchſichtig ſind) mehr oder weniger zurückkehrt, oder (wenn ſie durchſichtig ſind) durch ſie hindurch geht. — Wir werden vor allem andern von den eigentlichen Erſcheinungen des Leuchtens handeln, und zwar zuerſt von der geradlinigen Verbreitung und der äußerſt großen Geſchwindigkeit des Lichtes; dann von den durch die Einwirkung der Körper auf das Licht hervorgehenden Erſcheinungen, als der Zurückſtrahlung, Brechung, Beugung des Lichtes und von dem Phänomen der Farben; — eben ſo von der Einwirkung der Lichtſtrahlen auf einander, der man den Nahmen Interferenz gegeben hat; — endlich wollen wir auch die Wirkungen des Lichtes auf die Körper, bey welchen es mehr oder weniger leuchtend ſich zu erweiſen, mithin im ſtrengen Sinne Licht zu ſeyn aufhört, eigens betrachten.

§. 725. Das Licht würde für uns ohne das Organ des Geſichtes kein Gegenſtand der Wahrnehmung ſeyn. Daraus geht die Nothwendigkeit hervor, auf dieſes Organ immerwährende Rückſicht zu nehmen. Ohne aber die Geſetze der Brechung des Lichtes früher abgehandelt zu haben, iſt es nicht möglich, die Verrichtungen des Sehorgans auch nur einigermaßen einzuſehen. Daher merken wir hier einſtweilen bloß ſo viel an, daß der Eindruck des Lichtes auf die im Hintergrunde des Auges ausgeſpannte Nervenhaut geſchehe, und daß dasjenige, was wir Lichtſtrahl nennen (§. 723.), durch die in dem menſchlichen Auge leicht wahrzunehmende kleine ſchwarze Kreisfläche gehen müſſe, welche man die Sehe oder Pupille nennt. Wir werden uns dieſe (und ſo das ganze Auge) einſtweilen als einen Punct vorſtellen; was an dieſer Vorſtellung zu ergänzen ſey, wird an gehörigen Orten eigens bemerket werden.

## A. Erſcheinungen durch directes Licht.

§. 726. Was man in der Phyſik durch das Wort Mittel verſtehe, iſt ſchon (§. 318.) geſagt worden. Das Licht

verbreitet ſich (der Erfahrung zu Folge) in einem und demſelben gleichartigen Mittel in geraden Linien, die wir Strahlen genannt haben (§. 723.). Denn jedermann weiß, daß man nur jenen Körper und jene Stellen desſelben ſehen kann, von denen ſich eine gerade Linie, die durch keinen undurchſichtigen Körper unterbrochen wird, zu unſerm Auge ziehen läßt. — Ferner geſchieht die Verbreitung des Lichtes von jedem ſtrahlenden (leuchtenden oder beleuchteten) Puncte aus, ringsum durch divergirende Strahlen; denn ein ſolcher Punct wird ringsum überall geſehen, wenn er nicht durch einen undurchſichtigen Körper dem Auge verdeckt wird. Das Licht bildet daher rings um dieſen Punct gleichſam eine Strahlenkugel, die ſich ins Endloſe erweitert. Fällt es auf irgend eine größere oder kleinere Fläche, ſo bildet es einen Strahlenkegel (wenn die Fläche rund iſt, wie in der Zeichn. 142.), oder eine Strahlenpyramide (wenn ſie von geraden Linien begränzt wird, wie in der Zeichn. 143.). Die gerade Linie AC (Z. 144.) von der Spitze nach der Mitte der Grundfläche gezogen, heißt dann der Hauptſtrahl, alle übrigen nennet man Nebenſtrahlen. Je weiter die Fläche von dem leuchtenden Puncte abſteht, deſto kleiner iſt der Winkel, den die äußerſten Strahlen AM und AN mit einander bilden; bey ſehr großer Entfernung können ſie für parallel angeſehen, und der Strahlenkegel daher für einen Strahlencylinder genommen werden. Man nennt übrigens einen Strahlenkegel, wenn er dünn iſt, auch wohl einen Lichtſtrahl, verſteht aber dann immer die Achſe oder den Hauptſtrahl darunter.

Iſt (Zeichn. 144.) AC ſenkrecht auf den Durchmeſſer MN, und bezeichnet $\alpha$ den Winkel MAC: ſo iſt (AM für den Radius genommen) $MC = AM \sin. \alpha$; nimmt man aber AC für den Radius: ſo iſt $MC = AC \text{ tang. } \alpha$.

§. 727. Auch in unſer Auge fällt von jedem ſtrahlenden Punct ein Lichtkegel, deſſen Spitze jener Punct, und deſſen Grundfläche die Pupille (§. 725.) iſt. Wir beziehen den Eindruck, den wir fühlen, auf irgend einen Punct hin, der in der Achſe dieſes

Lichtkegels ſich befindet, und in welchem die Spitze desſelben zu liegen ſcheint.

So z. B. bezieht das Auge o (Zeichn. 145.) auf deſſen Pupille aus dem Puncte l der Lichtkegel m l n fällt, den Eindruck in der Linie c l auf die Spitze l jenes Lichtkegels. — Wir fühlen indeſſen nur einigermaßen die Lage dieſer Spitze, und können ſie nicht genau beſtimmen, daher denn ſo manche Täuſchung über die Entfernung des ſtrahlenden Punctes. —

§. 728. Aus der geradlinigen Verbreitung des Lichtes erkläret ſich die Erſcheinung der dunkeln Kammer. Wenn nähmlich in dem Fenſterladen eines wohl verfinſterten Zimmers eine kleine Öffnung gemacht wird: ſo erſcheinen auf jeder Fläche, welche dieſer Öffnung entgegengeſetzt wird, die Bilder der außer dem Zimmer ſich befindenden hinlänglich erleuchteten Gegenſtände, ſo, daß die Bilder der ruhenden Objecte ruhen, die der ſich bewegenden ebenfalls ſich bewegen, alle aber eine umgekehrte Lage haben. — Aus jedem Puncte eines jeden erleuchteten Gegenſtandes gehen nähmlich Lichtſtrahlen nach allen Richtungen, unter dieſen kommen einige durch die Öffnung in das Zimmer, und beleuchten eine kleine Stelle an der hinter dem Loche ſich befindenden Wand. So beleuchtet z. B. (in der Zeichn. 146.) das von dem a des Gegenſtandes a b kommende durch die Öffnung o des Fenſterladens m n gehende Licht die Stelle a′ an der Tafel t u, das aus dem Puncte b kommende die Stelle b′; eben ſo beleuchten die aus den zwiſchen a und b liegenden Puncten ausgehenden Lichtſtrahlen die zwiſchen a′ und b′ liegenden Stellen der Tafel, und bewirken ſo die Erſcheinung des Bildes a′b′, welches gegen den Gegenſtand a b nothwendiger Weiſe eine umgekehrte Lage hat. Wird die auffangende Tafel t u ſo gehalten, daß ihre Entfernung von dem Loche gleich iſt der Entfernung dieſes Loches von dem beleuchteten äußern Gegenſtande, deſſen Bild ſich zeigen ſoll: ſo hat das Bild nothwendiger Weiſe die Größe des Gegenſtandes. Je mehr die Tafel dem Loche ſich nähert; deſto kleiner wird das Bild; je mehr ſie ſich von ihm entfernet, deſto größer wird es.

Man hat im Kleinen dieſelbe Erſcheinung, wenn ein Kartenblatt, in

welches man mit einer Nadel eine kleine Öffnung gemacht hat, zwiſchen einem Kerzenlichte und einem Blatte weißen Papiers gehalten wird. Auf dem letzteren zeigt ſich ein Bild der Flamme in umgekehrter Lage, welches ſich vergrößert, wenn man das Papier von der Öffnung entfernt. — Läßt man in ein verfinſtertes Zimmer durch eine kleine Öffnung das Sonnenlicht fallen: ſo erhält man auf einer weißen Tafel einen beleuchteten runden Fleck, der ſich auch vergrößert mit der Entfernung der Tafel. Dieſer iſt offenbar ein Bild der Sonne. Stellt man dieſen Verſuch zur Zeit einer Sonnenfinſterniß an: ſo ſieht man das Bild nicht rund; ſondern wenn die Sonne ausgeſchnitten erſcheint, erſcheint auch ſo das Bild.

Das aus den einzelnen Puncten der erleuchteten Gegenſtände in die dunkle Kammer gelangende Licht bildet ebenfalls Strahlenkegel. Es wird demnach auf der Tafel jeder dieſer Puncte als eine kleine Fläche abgebildet; und jede dieſer Flächen decket zum Theil die benachbarte. Da nun aber in dem Mittelpuncte einer jeden das Licht weniger vermiſcht iſt: ſo gibt das Ganze dennoch (wiewohl mit einiger Undeutlichkeit) ein Bild des Gegenſtandes. — Je größer aber das Loch im Fenſterladen, deſto größer nothwendiger Weiſe die Undeutlichkeit. Iſt das Loch bedeutend groß, oder wird der Fenſterladen ganz geöffnet: ſo beleuchtet das von jedem einzelnen Puncte ankommende Licht eine bedeutend große Fläche; es empfängt demnach jede Stelle der gegenüber ſtehenden Wand von unzähligen Puncten Licht, und ſo erſcheinet nur Helligkeit daran, aber kein Bild mehr. — Die oben erwähnte Undeutlichkeit der Bilder läßt ſich übrigens ganz aufheben, wenn in der Öffnung ein convex geſchliffenes Glas angebracht wird. Die divergenten Strahlen des darauf von jedem Puncte eines Objects gelangenden Lichtkegels werden (nach ſpäter zu entwickelnden Geſetzen) durch dieſes Glas convergent, ſchneiden ſich demnach in irgend einer Entfernung hinter dem Glaſe, und geben an einer in dieſer beſtimmten Entfernung angebrachten Wand ein deutliches Bild. Man nennet eine ſolche dunkle Kammer eine dioptriſche, jene einfache ohne Glas aber eine optiſche. Es gibt auch eine mit einem Spiegel, welche die katoptriſche heißt.

Noch muß hier folgende Erſcheinung erwähnt werden, die indeſſen aus dem bereits Geſagten ſich von ſelbſt erklärt. Das in der Nähe einer Öffnung aufgefangene Sonnenlicht gibt eine beleuchtete Stelle von der Geſtalt der Öffnung (z. B. eine viereckige, wenn die Öffnung viereckig iſt); in größeren Entfernungen aber wird ſie kreisförmig, die Öffnung mag was immer eine Geſtalt haben. Wäre die Sonne

ein Punct: ſo müßte die beleuchtete Fläche in jeder Entfernung die Geſtalt der Öffnung haben. Nun aber kommen aus unzähligen Puncten Strahlenpyramiden auf die Öffnung, hinter derſelben gehen ſie aus einander und lagern kreisförmig ſich um die Strahlenpyramide, die aus dem Mittelpunct der Sonne kommt. Das Weitere erkläret ſich von ſelbſt. — So bildet auch im Schatten eines Baumes das zwiſchen den Blättern einfallende Sonnenlicht lauter rundliche Sonnenbilder.

§. 729. Aus der Verbreitung des Lichtes nach allen Richtungen folgt ferner, daß für jede beleuchtete Fläche die Stärke der Beleuchtung abnehmen müſſe, wenn die Entfernung der Fläche von dem leuchtenden Körper zunimmt. Und zwar läßt ſich leicht begreifen, daß das Licht, welches aus dem Puncte l (Zeichn. 147.) auf die Fläche f fällt, wenn dieſe weggenommen wird, auf einer in der doppelten Entfernung gehaltenen Tafel eine viermahl ſo große Fläche f′ beleuchten muß, in der dreyfachen Entfernung eine neunmahl größere f″ u. ſ. w. Auf jedes beſtimmte Räumchen der viermahl größeren Fläche fällt mithin viermahl weniger Licht, auf jedes ſolche Räumchen der neunmahl größeren Fläche neunmahl weniger Licht. Die Beleuchtung nimmt mithin ab, wie die zweyten Potenzen der Entfernung zunehmen.

Allgemein ausgedrückt iſt $l = \frac{1}{d^2}$, wenn l die Stärke der Beleuchtung, und d die Entfernung bedeutet.

Die Stärke der Beleuchtung einer Fläche durch einen beſtimmten leuchtenden Körper wird aber nicht bloß beſtimmt durch ihre Entfernung von dieſem Körper, ſondern auch durch die Lage derſelben in Beziehung auf die Richtung der auf ſie fallenden Strahlen. Am ſtärkſten iſt eine Fläche beleuchtet, wenn die Strahlen unter einem rechten Winkel auffallen; weniger, wenn der Auffallswinkel ſchief iſt. Es ſey a b (Zeichn. 148.) der Durchſchnitt einer Ebene, die durch parallele Strahlen beleuchtet wird, welche ſenkrecht auf ſie auffallen. Es werde dieſe Ebene in die geneigte Lage c b gebracht: nun wird ſie von wenigeren Strahlen beleuchtet. Sie erhält nähmlich nun das Licht, welches auch eine, mit den Strahlen einen rechten Winkel bildende Ebene, erhielte, deren Durchſchnitt c d wäre. — Die Linie c d iſt aber zugleich der Sinus des Winkels c b d. Man ſagt

demnach, die Stärke der Beleuchtung verhalte ſich (unter übrigens gleichen Umſtänden) wie der Sinus des Winkels, unter welchem die Strahlen auf die beleuchtete Fläche fallen.

§. 730. Die Stärke der Beleuchtung hängt aber natürlicher Weiſe auch ab von der Intenſität der Erleuchtungskraft, d. h. von der Menge des Lichtes, welches jeder Punct des leuchtenden Körpers ausſtrahlt, dann von der Menge der ausſtrahlenden Puncte, alſo von der Größe derjenigen Fläche des leuchtenden Körpers, welche dem beleuchteten zugekehrt iſt. —— Gäbe es einen aus jedem Puncte ſeiner Maſſe Licht ausſtrahlenden und zugleich vollkommen durchſichtigen Körper: ſo würde die Beleuchtung, die er verurſachte, genau deſto ſtärker ſeyn, je größer ſein Volum wäre.

Faßt man alle dieſe Umſtände zuſammen: ſo erhält man für die Stärke der Beleuchtung einer Fläche dieſen allgemeinen Ausdruck $L = \frac{F . I . \sin . \vartheta}{D^2}$, wo L die Stärke der Beleuchtung ausdrückt, F die Größe der leuchtenden Fläche, I die Intenſität der Erleuchtungskraft, D die Entfernung der beleuchteten Fläche von der leuchtenden, $\vartheta$ den Winkel, unter welchem die Strahlen auf die Fläche fallen. Ferner iſt $F . I = L$, wo L die abſolute Lichtmenge bedeutet, die von der Fläche F ausſtrahlt.

Mehrere Phyſiker haben es verſucht, die Lichtſtärke durch Verſuche zu beſtimmen. Die hierzu angegebenen Apparate hat man Photometer (Lichtmeſſer) genannt. Um die Stärke des Lichtes zweyer leuchtenden Körper (z. B. zweyer Lampen) zu vergleichen, dient folgendes einfache Verfahren. Man ſtellt ſie in einiger Entfernung von einander, und zwiſchen ihnen und einer weißen Fläche (z. B. einer weißen Wand) irgend einen kleinen undurchſichtigen Körper z. B. ein Buch, ein Bretchen ꝛc. Es werden von dieſem Körper, zwey Schlagſchatten auf die Wand geworfen, wovon der zu der Flamme a gehörige von der Flamme b beleuchtet wird, und umgekehrt. Sind dieſe Schatten ungleich ſtark beleuchtet: ſo entfernt man die eine, oder nähert die andere Flamme ſo lange, bis ſie gleiche Beleuchtung erhalten. Nun werden die Entfernungen der Flammen von der Wand gemeſſen. Wie ſich die zweyten Potenzen der gefundenen Entfernungen verhalten, ſo verhalten ſich nach §. 729.

die Lichtſtärken der Flammen. Iſt z. B. die Flamme a dreymahl ſo weit als b von der Wand entfernt: ſo iſt ihre Lichtſtärke neunmahl größer. — Es iſt gut, wenn die Stellung der Flammen ſo gewählt wird, daß die beyden Schatten ſich berühren, um den Grad der Schwärze leichter vergleichen zu können. Die Zeichn. 149. verſinnlicht den Verſuch. Rumford fand durch ein ähnliches Verfahren, daß eine Lampe, die ſo ſtark leuchtet, wie 9 Wachslichter, in derſelben Zeit, wo die 9 Wachslichter 9 Loth Wachs verzehrten, nur 5½ Loth Öhl verbrauchte. — Dasſelbe Verfahren, wie es ſich auf den Satz des §. 729. ſtützt, dient auch umgekehrt dieſen Satz zu beſtätigen. Hat man nähmlich in a eine Lichtflamme, in b aber in zweymahl größerer Entfernung von der Tafel vier Lichtflammen von derſelben Lichtſtärke geſetzt: ſo ſind beyde Schatten gleich ſtark erleuchtet. — Auf denſelben Gründen beruht das Photometer von Ritchie, welches in der Zeichn. 150. angedeutet wird. In einem beyderſeits offenen Kaſten KK, der oben eine Öffnung O hat, befinden ſich unter der Öffnung zwey weiße glatte Papierflächen a und b, die gegen die obere Wand des Kaſtens unter 45° geneigt ſind. Die zwey mit einander zu vergleichenden leuchtenden Körper werden zu beyden Seiten angebracht, und der eine ſo weit entfernt oder genähert, bis dem durch die Öffnung O hineinſehenden Auge die beyden Papierflächen a und b gleich ſtark beleuchtet erſcheinen. Das Übrige ergibt ſich aus dem Vorhergehenden in Folge des §. 729. — Mit der Photometrie haben ſich auch beſchäftigt: Lambert, Bouguer, Landriani, Leslie, Lampadius, Wollaſton u. a. m.

§. 731. Die Erfahrung lehrt, daß das Licht bey ſeinem Durchgange durch ein durchſichtiges Mittel (§. 721.) mehr oder weniger geſchwächt werde; die Größe der Schwächung hängt ab von der Natur des Mittels in Beziehung auf das Licht. Natürlicher Weiſe muß ſie auch zunehmen mit der Länge des Weges, den das Licht in ſolch einem Mittel zurücklegt.

Daraus erkläret ſich, warum Sonne, Mond und Sterne bey ihrem Aufgange und Untergange bey weitem nicht jenen Glanz haben, den wir an ihnen gewahr werden, wenn ſie in der Nähe ihrer Culmination (§. 118.) ſich befinden. Nahe am Horizonte muß nähmlich ein jeder ihrer Strahlen so (Zeichn. 151.) einen bedeutend größern Weg durch die Atmoſphäre aaa zurücklegen, als wenn ſich derſelbe Weltkörper in einer größern Höhe, z. B. in r oder gar im Zenith z befindet. In dem erſten Falle iſt dieſer Weg mo, im zweyten no, im dritten po.

Auf der Schwächung des Lichtes durch durchſcheinende Körper beruht das von Lampadius angegebene Photometer. Es beſteht in einer Röhre, in welche dünne Scheibchen aus einem durchſcheinenden Körper (z. B. aus Beinglas oder Horn) gelegt werden, um dadurch das Licht in einer beſtimmten Entfernung (z. B. der von zwey Fuß) zu beobachten. Man legt ſo viele Scheibchen ein, bis das zu prüfende Licht ganz unſichtbar wird. Je mehr ſolche Scheibchen dazu erfordert werden, deſto ſtärker iſt das Licht. Dieſes Photometer ſchlägt Lampadius vor als Pyrometer (§. 637.) zur Schätzung für die verſchiedenen Grade der Glühhitze.

§. 732. Eine Folge der geradlinigen Verbreitung des Lichtes iſt auch der unbeleuchtete Raum hinter einem jeden undurchſichtigen beleuchteten Körper, welchen man den Schatten nennet. Die Größe, Geſtalt und Lage des Schattens hängt ab von der Größe, Geſtalt und Lage des leuchtenden ſowohl als des beleuchteten undurchſichtigen Körpers, und von der Entfernung des einen von dem andern. — Denkt man ſich einen einzigen leuchtenden Punct: ſo müßte der Schatten hinter dem undurchſichtigen Körper ein vollkommen lichtloſer Raum ſeyn. Wenn z. B. (in der Zeichn. 152.) l den leuchtenden Punct, und mn den undurchſichtigen Körper (etwa einen Stab) bedeutet: ſo iſt nothwendig der Raum amnb vollkommen finſter. Gibt es aber (wie das bey jedem leuchtenden Körper wirklich der Fall iſt) mehrere leuchtende Puncte: ſo wird es hinter dem undurchſichtigen Körper wohl auch einen lichtloſen Raum geben, und dieſer wird der Kernſchatten genannt; allein die nächſten Räume an dem Kernſchatten werden von manchen Puncten des leuchtenden Körpers Licht erhalten, von andern nicht. Dieſe zum Theil beleuchteten Räume nennt man Halbſchatten. Wenn z. B. in der Zeichn. 153. ab eine Reihe von leuchtenden Puncten iſt, die Linie mn aber einen undurchſichtigen Stab vorſtellt: ſo wird der Raum mon ganz lichtlos (alſo der Kernſchatten) ſeyn, der Raum pmo aber, eben ſo wie der Raum onq, wird von den Strahlen einiger leuchtenden Puncte Licht bekommen, von andern nicht. Dieſe beyden Räume ſind Halbſchatten, welche allmählich in die volle Beleuchtung übergehen.

So erhält z. B. der nächſte Raum an mo nur von den nächſten an a liegenden Puncten Licht; die ferneren Räume über mo aber von mehreren zwiſchen a und c liegenden; der Raum über mn endlich von allen. — Wenn ferner eine Fläche in den Schatten eines Körpers geſetzt wird: ſo wird nothwendiger Weiſe auch ſie entweder ganz oder zum Theil verfinſtert. Es mahlt ſich, wie man ſagt, auf ihr der Schatten des dunkeln Körpers ab. Man heißt die finſtere Stelle die Projection des Schattens, auch den Schlagſchatten. Auch iſt man überein gekommen, den Schlagſchatten eines aufrecht ſtehenden Körpers auf einer horizontalen Fläche einen geraden, denjenigen dagegen einen verkehrten Schatten zu nennen, welcher von einem horizontalen Körper auf eine verticale Fläche geworfen wird. Man ſieht wohl von ſelbſt, daß die Größe, Geſtalt und Lage des Schattens von der Größe, Geſtalt und Lage des leuchtenden und beleuchteten Körpers und von ihrer gegenſeitigen Entfernung abhängt, und für jeden gegebenen Fall ſich werde beſtimmen laſſen.

Die Lehre von den Schatten macht einen eigenen wichtigen Theil der Zeichnungslehre. Auch gründet ſich auf die Erſcheinung der Schatten das ſchattenbildliche Darſtellen (nähmlich in Schattenriſſen oder ſogenannten Silhouetten), das chineſiſche Schattenſpiel, die Beſtimmung der Höhe eines Thurmes, Baumes ꝛc. mittelſt der Schattenlänge, die Sonnenuhr u. d. m. —

Wir bemerken hier nur noch Einiges über den Schatten, was leicht auf verſchiedene Fälle ſich anwenden läßt. Wenn der leuchtende Körper größer iſt als der beleuchtete, ſo muß der hinter dem dunklen befindliche Kernſchatten am Durchmeſſer immer abnehmen, und endlich in eine Spitze ſich verlieren; iſt der beleuchtete größer, ſo nimmt der Kernſchatten am Durchmeſſer nothwendiger Weiſe immer zu, und endet daher nie; ſind endlich beyde Körper von derſelben Größe, ſo behält der Kernſchatten immer denſelben Durchmeſſer, hat aber (wie im vorigen Falle) ebenfalls kein Ende. Wenn beyde Körper Kugeln ſind, ſo hat der Kernſchatten im erſten Falle die Geſtalt eines Kegels, in dem zweyten die eines abgeſtutzten Kegels, in dem dritten die eines Cylinders, wie dieſes durch die Zeichn. 154., 155. und 156. verſinnlicht wird. Auch iſt an ſich und aus den Zeichnungen klar, daß, wenn beyde Kugeln gleich groß ſind, genau die Hälfte der dunkeln Kugel beleuchtet werde; dagegen

mehr als die Hälfte, wenn die leuchtende Kugel größer iſt; und weniger als die Hälfte, wenn ſie kleiner iſt. Da alles dieſes berechnet werden kann: ſo erſieht man daraus, wie es den Aſtronomen möglich iſt, die Größe, Dauer ꝛc. der Finſterniſſe ſo genau anzugeben. —

Der vollkommene Schlagſchatten müßte immer ſchwarz erſcheinen; dieſes iſt aber nicht der Fall, wenn er von irgend einem zweyten Lichte beleuchtet iſt. Iſt dieſes Licht überdieß ein farbiges, ſo erſcheint der Schatten nothwendiger Weiſe gefärbt. Man beobachtet indeſſen auch gefärbte Schatten, deren Farbe durch einen Contraſt bewirkt zu ſeyn ſcheint; z. B. wenn zur Zeit der Dämmerung ein Stäbchen ſowohl von dem Lichte der Atmoſphäre, als auch von der Flamme einer Kerze beleuchtet wird. Es wirft dann zwey Schatten auf ein weißes Papier, davon der eine blau, der andere röthlichgelb iſt. Wird dieſer Stab bloß von zweyen Kerzen beleuchtet, ſo zeigen beide Schatten keine beſtimmte Farbe. Sobald aber der eine durch ein, zwiſchen das Licht und den Stab gehaltenes rothgelbes Glas merklich gelb wird: zeigt ſich der andere blau. Wir werden auf dieſe Erſcheinung noch einmahl zurückkommen.

## Von der erſcheinenden Entfernung, Größe, Geſtalt, Lage, Ruhe und Bewegung der Körper.

§. 733. Daß uns jeder ſtrahlende Punct in der Spitze des auf unſer Auge fallenden Strahlenkegels erſcheine, iſt ſchon (§. 727.) geſagt worden. Wie wir die Entfernung dieſer Spitze einiger Maßen fühlen, oder vielmehr aus einem gewiſſen Gefühle darauf ſchließen, davon kann erſt die Rede ſeyn nach der Beſchreibung des Auges und ſeiner Theile. — Ferner ſehen wir mit beyden Augen gegen den Punct hin, den wir betrachten. Iſt dieſer Punct p (Zeichn. 157.) nahe: ſo machen die von beyden Augen c und c′ auf ihn bezogenen geraden Linien cp und c′p einen größern Winkel, als wenn er von uns entfernter wäre. Wir müſſen daher die Augen anders gegen einander wenden, um einen nahen Punct anzuſehen, und anders, um einen fernen zu erblicken. Auch dieſe Stellung der Augen iſt mit einem gewiſſen, obgleich ſchwachen Gefühle begleitet, welches uns auf die Entfernung des Punctes einiger Maßen aufmerkſam macht. — Ferner ſchließen wir auf die Entfernung eines

ausgedehnten Objectes aus mehrern Nebenumſtänden.— Wir halten nähmlich den Gegenſtand für deſto entfernter von uns, je kleiner er uns erſcheint (wenn uns ſeine erſcheinende Größe für eine gewiſſe Entfernung bekannt iſt); je ſchwächer beleuchtet wir ihn ſehen; je weniger wir ſeine einzelnen Theile unterſcheiden; je mehr Gegenſtände wir zwiſchen ihm und uns erblicken u. ſ. w. Man ſieht, daß wir eigentlich immer auf die Entfernung des Gegenſtandes ſchließen. Dieſer Schlüſſe ſind wir indeſſen von Kindheit an ſo gewohnt, und ſie ſind uns daher ſo geläufig, daß wir ſie von Empfindungen kaum unterſcheiden. Daß wir uns aber eben darum über die Entfernung der geſehenen Gegenſtände oft täuſchen, iſt eine bekannte Sache.

Daß Kinder und Blindgeborne, denen der Staar iſt geſtochen worden, erſt durch mannigfaltige Erfahrungen ſich die Begriffe von Entfernung erwerben müſſen, iſt ebenfalls bekannt. —

§. 734. Wie weit dagegen zwey geſehene Puncte von einander abzuſtehen ſcheinen, wie groß daher irgend ein Durchmeſſer eines geſehenen Gegenſtandes, oder auch der Durchmeſſer des zwiſchen zweyen Objecten ſich befindenden Raumes uns erſcheint, hängt ab von dem ſogenannten Sehewinkel. Wenn man nähmlich aus zwey von einander mehr oder weniger entfernten Puncten a und b (Z. 158.) nach dem Mittelpuncte der Pupille c ſich gerade Linien ac und bc gezogen vorſtellt: ſo ſchneiden ſich dieſe Linien unter einem Winkel in c. Die Entfernung der zwey Puncte a und b ſehen wir innerhalb des erwähnten Winkels acb; wir beziehen nähmlich nothwendiger Weiſe den Lichteindruck, welchen das Auge von dem Puncte a enthält, nach der Linie ca, den Eindruck, den es von dem Puncte b empfängt, nach der Linie cb. Von der Größe des Winkels acb hängt es demnach ab, wie weit uns die Puncte a und b von einander abzuſtehen ſcheinen. Man nennet daher dieſen Winkel den Sehewinkel, Geſichtswinkel, optiſchen Winkel, auch wohl die erſcheinende Größe eines Objectes. Eigentlich iſt er der Winkel des erſcheinenden Durchmeſſers der geſehenen Fläche eines Gegenſtandes.

§. 735. Der Sehewinkel, unter welchem der Durchmeſſer eines Gegenſtandes erſcheint, iſt nothwendiger Weiſe größer, wenn (bey übrigens gleichen Umſtänden) jener Durchmeſſer wirklich größer iſt. So iſt z. B. der Winkel acb (Zeichn. 159.) nothwendiger Weiſe größer, als der Winkel a′cb. Der Sehewinkel iſt aber auch größer, wenn dasſelbe Object näher, als wenn es entfernter iſt. Dasſelbe Object ab (Zeichn. 160.) wird dem näheren Auge c unter dem Winkel acb, dem entferntern Auge c′ unter dem Winkel ac′b erſcheinen. — So kann auch dasſelbe Auge c (Zeichn. 161.) zwey ungleich große, aber auch ungleich entfernte Objecte ab und a′b′ unter dem nähmlichen Winkel ſehen, und beyde Objecte werden dieſelbe erſcheinende Größe haben. Endlich hat auch die Lage des geſehenen Durchmeſſers offenbar einen Einfluß auf die Größe des Sehewinkels. Die Linie ab (Zeichn. 162.) wird von dem Auge c unter dem Winkel acb geſehen, die gleich lange Linie de dagegen unter dem kleinern Winkel dce.

Genauere Betrachtung. Obgleich die erſcheinende Größe eines Gegenſtandes von dem optiſchen Winkel abhängt: ſo iſt ſie dennoch nicht eigentlich dieſem Winkel ſelbſt, ſondern ſeiner Tangente proportional. Es ſey (Zeichn. 163.) C der Mittelpunct der Pupille und AB das Object. Der Erleichterung wegen geben wir der Linie AB immer eine ſolche Lage, daß die von dem einen äußerſten Puncte B auf den Mittelpunct der Pupille gezogene Linie BC mit AB einen rechten Winkel bilde; dann iſt AB auch die Tangente des Sehewinkels ACB, wobey BC = MC als der Kreishalbmeſſer genommen wird. Es hat nun folgende Proportion Statt: AB : BC = tang. ACB : sin. tot., mithin $\text{tang. } ACB = \frac{AB \cdot \text{sin. tot}}{BC}$.
Bezeichnet γ die erſcheinende Größe oder den Geſichtswinkel, g = AB die wirkliche Größe des Gegenſtandes, d = BC die Entfernung desſelben vom Auge: ſo iſt $\text{tang. } \gamma = \frac{g}{d}$. Sind mithin aus den Größen γ, g, d zwey bekannt: ſo läßt ſich die dritte beſtimmen. Auch ergibt ſich von ſelbſt, daß zwey Körper gleiche erſcheinende Größen haben, wenn ſich ihre wirklichen Größen verhalten umgekehrt wie ihre Entfernungen vom Auge.

§. 736. Aus dem Sehewinkel erklären ſich eine Menge Erſcheinungen. Je entfernter ein Körper vom Auge iſt, deſto kleiner muß er erſcheinen; kleine Körper, nahe an das Auge gehalten, müſſen uns dagegen groß vorkommen. Zwey parallele Reihen von Bäumen oder zwey parallele Wände ſcheinen einander deſto näher, je weiter ſie vom Auge entfernt ſind, weil nähmlich die Entfernungen dieſer Wände und jener Bäume unter ſich unter einem deſto kleinern Sehewinkel geſehen werden, je weiter ſie von dem Zuſeher abſtehen. —— Wird der Sehewinkel zu klein, entweder wegen der wirklichen Kleinheit des Gegenſtandes, oder wegen ſeiner Entfernung vom Auge: ſo verſchwindet der Gegenſtand für uns. So verſchwinden uns die kleinen Theile eines entfernten Objectes, wir unterſcheiden dann nur den Umriß des letztern. Ein fernes Kornfeld z. B. ſehen wir als eine zuſammenhängende Maſſe, eben ſo einen entfernten Wald u. d. m.

Ein Körper, deſſen Entfernung etwa 5000 Mahl größer iſt als ſein Durchmeſſer, verſchwindet für unſer Auge. Dieſe Zahl iſt nur nahe angegeben, denn eigentlich iſt ſie nicht für jedes Auge gleich, und auch bey demſelben Auge nicht gleich für jeden Gegenſtand; bey großer Intenſität des Lichtes kann dieſe Entfernung noch bey weitem größer ſeyn. So erſcheinen uns die Fixſterne, wegen ihrer ungeheuern Entfernung von uns, ſelbſt durch Fernröhre nur wie leuchtende Puncte, und ohne wahrnehmbaren Durchmeſſer; bloß wegen der großen Intenſität ihres Lichtes ſind ſie noch ſichtbar.

Über die Größe der Gegenſtände, die beträchtlich von uns entfernt ſind, pflegen wir bloß nach dem Sehewinkel zu urtheilen; in geringen Entfernungen verhält ſich dieſes nicht ſo. Die Gewohnheit, Gegenſtände in der Nähe um uns zu ſehen, hat uns eine ſolche Übung in der Schätzung ihren wahren Größen verſchafft, daß ſie uns vor Täuſchungen, welche aus der ſcheinbaren Größe derſelben entſtehen könnten, ziemlich ſicher ſtellt.

§. 737. Die Geſtalt einer Fläche hängt ab von der erſcheinenden Entfernung der Puncte ihres Umfanges unter einander, alſo von den Sehewinkeln, unter welchen die Gränzen der Fläche geſehen werden. Die körperliche Geſtalt eines Gegenſtandes dagegen beſtimmen wir darnach, ob die einzelnen

Puncte der geſehenen Oberfläche desſelben näher oder entfernter von uns zu ſeyn ſcheinen. So z. B. erſcheint uns eine Kugel als eine ſolche, und nicht als eine Scheibe, wenn wir wahrnehmen, daß der Mittelpunct der geſehenen Oberfläche dem Auge näher iſt, als die Puncte des Umkreiſes. Wir nehmen dieſes hauptſächlich ab aus der Beſchattung des Körpers. Daß auch hierin viele Täuſchungen möglich ſeyen, ſiehet man leicht ein; daß es daran wirklich nicht fehle, lehret die tägliche Erfahrung.

Die Lehre, welche die Regeln angibt, ſowohl die einzelnen Theile desſelben Gegenſtandes als auch verſchiedene ſichtbaren Gegenſtände auf einer Fläche ſo abzubilden, wie ſie dem Auge, aus einem gegebenen Standpuncte geſehen, nach Verſchiedenheit ihrer Lage und ihrer Entfernung von demſelben, erſcheinen, heißt die Perſpective. Eben dadurch unterſcheidet ſich der geometriſche Riß von dem perſpectiviſchen, daß jener den Gegenſtand ſo vorſtellt, wie er iſt, dieſer aber, wie er dem Auge in der angenommenen Lage erſcheint. Übrigens gibt der Zeichner und Maler den Gegenſtänden, welche entfernter erſcheinen ſollen, außer der ihnen zukommenden ſcheinbaren Größe, auch ſchwächere Farben und Schattirungen, weniger beſtimmte Umriſſe, weniger Deutlichkeit in den einzelnen Theilen.

Auf der Anwendung der Regeln der Perſpective und auf einer ſchicklichen Beſeitigung alles deſſen, was den Zuſeher erinnern könnte, daß er ein Bild vor ſich habe, beruhet die überraſchende Wirkung eines Rundgemähldes oder Panorama. An den Wänden eines kreisförmigen Gebäudes, welches die Beleuchtung von der Decke erhält, wird das Gemählde einer Gegend oder Stadt u. d. m. ſo ausgeſpannt, daß die Gegenſtände in dem Kunſtwerke ſich an einander ſchließen, wie es die vorgeſtellten Gegenſtände in der Wirklichkeit thun. Der Platz des Zuſehers iſt ein etwas erhöhter Ort, der oben mit einem Dache und rings herum mit einem Geländer verſehen iſt. Das Dach und das Geländer muß ſo weit vorragen, damit es dem Zuſeher unmöglich werde, den obern oder untern Rand des Gemäldes zu ſehen.

Hierher gehören auch die ſogenannten optiſchen Anamorphoſen oder Zerrbilder, d. i. Zeichnungen, welche nur dann, wenn ſie auf eine gewiſſe beſtimmte, nicht gewöhnliche Weiſe betrachtet werden, das dem Auge zeigen, was gezeigt werden ſoll. So z. B. müſſen einige von ihnen in einer ſehr ſchiefen Richtung angeſehen werden. Jene Dimenſion alſo, welche gegen die Achſe des Auges ſehr ſchief geſetzt wird, muß viel größer gezeichnet ſeyn, als die übrigen.

Durch die Schiefe wird jene längere Dimenſion abgekürzt (§. 735.).

§. 738. Der ſcheinbare, der optiſche Ort, Parallaxe. Der ſcheinbare Ort eines Gegenſtandes wird beſtimmt durch ſeine erſcheinende Entfernung von andern Gegenſtänden (§. 734.) und von dem Auge des Zuſehers (§. 733.). Von dem ſcheinbaren Orte iſt wohl zu unterſcheiden der optiſche, mit welchem es folgende Bewandtniß hat. Wenn hinter dem ſichtbaren Gegenſtande irgend eine Fläche ſich befindet, oder auch nur gedacht wird: ſo muß durch den geſehenen Gegenſtand nothwendiger Weiſe eine Stelle in dieſer Fläche (welche man auch den Hintergrund nennt) für das Auge verdeckt werden. Es werde z. B. der Punct a (Zeichn. 164.) von dem Auge c geſehen; hinter a ſey ein Hintergrund m n. In dieſem wird durch den Punct a die Stelle α für das Auge verdeckt. Dieſe Stelle α iſt der optiſche Ort des Punctes a. Wird der Zuſeher nicht durch irgend einen Umſtand über die Entfernung des Punctes a von der Hinterfläche mn belehrt: ſo kann er allerdings die Stelle α für den wahren Ort des Punctes a anſehen; in dieſem, aber keineswegs in jedem Falle, iſt der optiſche Ort zugleich der ſcheinbare. Der optiſche Ort hat immer eine Beziehung auf eine Fläche, die als Hintergrund betrachtet wird; der ſcheinbare Ort kann auch ohne dieſe Beziehung Statt haben.

§. 739. Wenn das Auge in c (Zeichn. 165.) ſeinen Ort ändert (z. B. aus c nach d verſetzt wird), der Punct a aber unverändert bleibt: ſo wird der optiſche Ort o verändert, und iſt nun in p. Dann pflegt man o p die Parallaxe, die Nebenſicht, und den Winkel cad = oap den parallactiſchen Winkel zu nennen. Es iſt alſo die Parallaxe die Entfernung zweyer optiſchen Örter desſelben ſichtbaren Gegenſtandes, der aus zwey verſchiedenen Puncten betrachtet wird.

Die Parallaxe iſt nothwendig deſto kleiner, je größer die wirkliche Entfernung des ſichtbaren Gegenſtandes vom Auge iſt, verglichen mit der Entfernung jener zwey Puncte c und d. So

z. B. wenn der Punct a (Zeichn. 166.) erſtlich von dem Auge von c aus, und dann von d aus geſehen, nachher von e und f aus betrachtet wird, und wenn auch c d = e f iſt: wird doch nothwendig der Winkel e a f kleiner ſeyn müſſen, als der Winkel c a d, und r s iſt kleiner als o p.

Der Parallaxe bedient man ſich vorzüglich in der Aſtronomie (§. 117. Zuſ.). Aus ihr können die Entfernungen der Himmelskörper von der Erde aufgefunden werden; aus den gefundenen Entfernungen und den erſcheinenden Größen werden dann die wahren Größen dieſer Körper berechnet. In der Aſtronomie pflegt man jene Stelle, wo ein Himmelskörper erſcheinen würde, wenn er aus dem Mittelpuncte der Erde könnte betrachtet werden, den wahren optiſchen Ort desſelben zu nennen; jene Stelle aber, wo er erſcheint, wenn er aus irgend einem Puncte auf der Oberfläche der Erde betrachtet wird, nennt man den ſcheinbaren optiſchen Ort desſelben; die Entfernung dieſer beyden Orte wird hier die Parallaxe genannt. Wenn z. B. c (Zeichn. 167.) den Mittelpunct, a r t den Durchſchnitt der Erde, m n o den Durchſchnitt der Himmelskugel, und p den abſoluten Ort des Weltkörpers bezeichnet: ſo wird d der optiſche Ort desſelben ſeyn, wenn er von dem Puncte c aus geſehen, und b ſein optiſcher Ort, wenn er von dem Puncte a aus betrachtet wird; d wird alſo der wahre optiſche Ort, b der ſcheinbare ſeyn, d b die Parallaxe, und c p a = b p d der parallactiſche Winkel. Wegen der Parallaxe wird ein naher Weltkörper, z. B. der Mond, für zwey Zuſeher, die ihn in demſelben Augenblicke betrachten, nicht denſelben optiſchen Ort an der innern Fläche der ſcheinbaren Himmelskugel haben, wird alſo nicht von beyden Zuſehern unter denſelben Sternen geſehen. — Auch die Fixſterne ſollten nicht dieſelbe Lage unter einander behalten, wenn ſie von verſchiedenen Puncten der Erde aus betrachtet werden. Die Ortsverrückung indeſſen, welche Statt finden ſollte, iſt bey dieſen Weltkörpern (wegen ihrer ungeheuern Entfernung von uns) null. Es wird an ihnen ſogar (wie ſchon im §. 180. iſt erinnert worden) keine Ortsverrückung bemerkt, wenn ſie aus zwey verſchiedenen Puncten der Erdbahn betrachtet werden, z. B. einmahl aus r (Zeichn. 167.), das andere Mahl aus dem entgegengeſetzten Puncte t; wo dann c die Sonne, und der Kreis a r t nicht, wie oben, den Durchſchnitt der Erde, ſondern die Bahn der Erde um die Sonne bedeutet. — Die Ortsverrückung eines aus zwey verſchiedenen Puncten der Erdbahn geſehenen Weltkörpers wird die jährliche, jene früher angegebene aber die tägliche genannt. —

§. 740. Die erſcheinende Bewegung. Wenn die Entfernung eines Gegenſtandes A von einem andern Gegenſtande B ſich geändert hat, alſo größer oder kleiner geworden iſt: ſo hat ſich entweder A bewegt, oder B, oder beyde. Uns erſcheint demnach ein Körper in Bewegung, wenn wir eine Veränderung der erſcheinenden Entfernung desſelben von einem andern Körper oder von uns ſelbſt wahrnehmen. Jenes geſchieht durch die Veränderung des Sehewinkels, unter welchem die Entfernung beyder Körper uns erſcheint (§. 734.); auf die Veränderung der Entfernung eines Körpers von uns ſchließen wir aus den im §. 733. angegebenen Umſtänden.

Auch bey der Wahrnehmung der Bewegung ſind ſehr viele Täuſchungen möglich; beſonders wenn der Zuſeher ſelbſt ſich bewegt, und ſeine Bewegung nicht wahrnimmt. So ſcheinen demjenigen, der auf einem fortſegelnden Schiffe ſich befindet, die Bäume, Gebäude u. d. m. in der entgegengeſetzten Richtung ſich zu bewegen; drehet ſich das Schiff, ſo ſcheinen alle Gegenſtände ringsum einen Kreis in entgegengeſetzter Richtung zu beſchreiben. Hierher gehören auch die ſcheinbaren Bewegungen der Himmelskörper. Im Gegentheil kann ein Körper zu ruhen ſcheinen, wenn beyde, er und der Zuſeher, ſich in derſelben Richtung mit derſelben Geſchwindigkeit bewegen, und der Zuſeher ſeiner Bewegung ſich nicht bewußt iſt u. d. m.

Der Mond ſcheint einem Laufenden auch zu laufen, und zwar nach derſelben Richtung, in der er ſelbſt läuft. Die Urſache iſt folgende. Der Mond iſt ſo weit von uns entfernt, daß durch unſere Bewegung unſere Lage in Beziehung auf denſelben nicht merklich geändert werden kann. Wenn wir z. B. den Weg ad (Zeichn. 168.) zurücklegen, ſo ſehen wir aus dem Puncte a den Mond in der Linie al, aus dem Puncte b in der Linie bl, aus dem Puncte c in der Linie cl; und alle dieſe Linien ſind wegen der großen Entfernung des Mondes unter ſich beynahe parallel. Da wir uns aber der eigenen Bewegung bewußt ſind: ſo ſchreiben wir dem Monde, der in Bezug auf uns in umgeänderter Lage bleibt, eine gleiche Bewegung zu. — Demjenigen, der ſeine eigene Bewegung nicht merkt (wie der z. B., welcher zu Schiffe fährt, und keine Gegenſtände an dem Ufer zugleich anſieht), ſcheinet der Mond ebenfalls ruhig zu ſtehen.

Iſt die Bewegung eines Körpers ſehr langſam: ſo merkt

man ſie nicht, aus derſelben Urſache, warum ein Gegenſtand, der unter einem ſehr kleinen Sehewinkel erſcheint, nicht mehr geſehen werden kann. So z. B. ſieht man dem Stundenzeiger einer Uhr es nicht an, daß er ſich bewege. —

Geſchwindigkeit des Lichtes.

§. 741. Die Bewegung des Lichtes geſchieht mit einer Erſtaunen erregenden Geſchwindigkeit, ſo daß es in einer Secunde einen Weg von mehr als 40000 geographiſchen Meilen zurücklegt. Für die Entfernungen, die wir auf der Erde beobachten können, kann man daher die Zeit der Lichtverbreitung ohne den mindeſten Fehler für null anſehen. Daß aber das Licht dennoch einer Zeit zu ſeiner Verbreitung bedürfe, haben die Aſtronomen aus den Beobachtungen der Jupitersmonde geſchloſſen. Wenn man nähmlich berechnet hat, in welchem Augenblicke der innerſte dieſer Monde nach einer erlittenen Verfinſterung (§. 178. Zuſ.) aus dem Schatten ſeines Hauptplaneten treten muß, und man geht nun um die gefundene Zeit an die Beobachtung der Erſcheinung: ſo ſieht man ihn nicht leicht in dem berechneten Augenblicke aus dem Schatten treten, ſondern etwas früher, wenn die Erde in ihrer Bahn dem Jupiter näher gekommen iſt, ſpäter aber, wenn ſie ſich weiter von ihm entfernt hat. Würde nun das Licht zu ſeiner Verbreitung durch einen beliebigen Raum keiner Zeit bedürfen: ſo würde die größere oder kleinere Entfernung der Erde vom Jupiter auf jene Beobachtungen keinen Einfluß haben.

Deutlicher wird das Geſagte durch die Zeichn. 169., in welcher s die Sonne, a b c die Erdbahn, t und u die Erde in zwey verſchiedenen Puncten ihrer Bahn, i den Jupiter, i k ſeinen Schatten, d e einen Theil ſeiner Bahn, und m ſeinen ihm nächſten Mond bedeutet, wie dieſer, in ſeiner Bahn n o p ſich bewegend, eben aus dem Schatten ſeines Hauptplaneten tritt. Geſetzt nun, der Zuſeher auf der Erde in t hätte den Austritt dieſes Satelliten eben beobachtet, und dann aus der ihm aus andern Beobachtungen bekannt gewordenen Umlaufszeit desſelben = 42 Stunden 28 Minuten (nebſt Berückſichtigung aller Nebenumſtände) berechnet, in welchem Augenblicke ein gewiſſer, z. B. der vierzigſte oder fünfzigſte Austritt nach dem nun beobachteten Statt haben ſollte. Wenn er dann um die berech-

nete Zeit den Austritt beobachten will: ſo findet er den Erfolg, ſei-
ner Berechnung nicht genau entſprechend. Warum nicht? Weil die
Erde nicht mehr in t iſt, ſondern etwa in u, alſo vom Jupiter und
ſeinem Monde m weiter entfernet; und ſo erfolgt die Beobachtung
ſpäter, als in dem berechneten Augenblicke. Es frägt ſich, um wie viel?
Nach den Erfahrungen der Aſtronomen um 8 Minuten $7\frac{1}{2}$ Secunde
(d. h. um 487,5 Sec.) ſpäter dann, wenn die Entfernung der Erde
vom Jupiter um die Größe des Halbmeſſers der Erdbahn (oder um
die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne) zugenommen hat,
das heißt: wenn $mu - mt = us$ iſt. Die oben angegebene Ge-
ſchwindigkeit des Lichtes von mehr als 40000 Meilen für eine Se-
cunde wird leicht gefunden, wenn man die bekannte Entfernung der
Erde von der Sonne (§. 161. Zuſ.) durch 459,5 (nähmlich durch die
Zahl der zu dem Durchlaufen dieſer Entfernung nöthigen Secunden)
dividirt. — Man hielt ehemahls die Verbreitung des Lichtes wirklich
für augenblicklich. Olof Römer, ein däniſcher Aſtronom, war
der erſte, der im Jahre 1675 aus ſeinen Beobachtungen über die
Verfinſterungen der Jupitersmonde die ſucceſſive Bewegung desſel-
ben mit Sicherheit gefolgert hat.

Eine Beſtätigung des Satzes, daß das Licht zu ſeiner Fortpflanzung
eine Zeit nöthig habe, gibt eine andere aſtronomiſche Erſcheinung,
deren wir ſchon im §. 117. Zuſ. gedacht haben, und welcher man
den Nahmen Abirrung des Lichtes gegeben hat. Sie beſteht
in einer an den Fixſternen beobachteten, jährlich wiederkehrenden,
ſcheinbaren Bewegung. Die in der Ekliptik befindlichen Fixſterne
rücken nähmlich von ihrem wahren Orte ein wenig (20 Secunden) nun
gegen Oſten, dann gegen Weſten; die nahe an den Polen der Ekliptik
ſich befindenden beſchreiben um ihren wahren Ort ſehr kleine Kreiſe
(20 Secunden im Halbmeſſer), die zwiſchen der Ekliptik und ihren
Polen ſich befindenden dagegen mehr oder weniger offene ſehr kleine
Ellipſen. Bradley erklärt ſich dieſe Erſcheinung aus der beſtimm-
ten Geſchwindigkeit des Lichtes und der Bewegung
der Erde. Die Zeichnung 170. mag dienen, eine ſcheinbare Orts-
verrückung, jener Vorſtellungsweiſe gemäß, begreiflich zu machen.
Es befinde ſich irgend ein Fixſtern in der Ekliptik in s, und die Erde
in t. Der Weg des Lichtes von dem Fixſterne auf die Erde iſt dem-
nach st. Geſetzt nun, die Erde wäre, während der Zeit, als das
Licht etwa den Weg rt zurückgelegt hat, in ihrer Bahn durch den
Weg mt gegangen; beyde, das ankommende Licht und die ankom-
mende Erde (mithin auch das ankommende Auge des Zuſehers),
begegnen ſich in t. Würde bloß das Licht ſich bewegt haben, ſo

würde das Auge den Eindruck in der Richtung st erhalten haben. Da nun das Auge zugleich in der Richtung mt und mit der Geſchwindigkeit mt auf das ankommende Licht gleichſam anſtößt: ſo erhält es zugleich einen Eindruck, deſſen Richtung m′t der Richtung mt entgegengeſetzt, und deſſen Stärke der Geſchwindigkeit m′t = mt proportional iſt. Der Eindruck auf das Auge in t iſt demnach zuſammengeſetzt, ein ſolcher nähmlich, wie er Statt finden müßte, wenn das Auge in t geruht hätte, das Licht dagegen von zweyen Kräften nm′ und nr = m′t getrieben, alſo in der Diagonale nt angekommen wäre. Es ſieht demnach das Auge den Fixſtern nach der Richtung tn, alſo nicht in s, ſondern in s′.

## B. Zurückſtrahlung des Lichtes.

§. 742. Das Licht, welches auf die Körper fällt, geht von denſelben mehr oder weniger in das durchſichtige Mittel zurück, aus dem es gekommen war. Dieſer Zurückgang desſelben heißt Zurückſtrahlung, Zurückwerfung, Reflexion. — Die Zurückwerfung des Lichtes hat bey verſchiedenen Körpern einen verſchiedenen Grad; ſtärker wird es zurückgeſtrahlt von weißen, als von gefärbten Körpern. — Ferner wird das Licht von den Flächen, auf die es fällt, entweder regelmäßig zurückgeſtrahlt, oder zerſtreut. Die erſteren nennet man Spiegel; ein ſolcher iſt jede glatte zurückſtrahlende Fläche, mithin auch jedes kleinſte Theilchen einer rauhen Fläche. Aber eben darum, weil dieſe unendlich vielen Spiegelchen die verſchiedenſte Lage haben, ſo geſchieht die Zurückſtrahlung bey ſolchen Flächen in jedem Puncte anders, und mithin im Ganzen unregelmäßig.

Nicht leuchtende unpolirte Körper erſcheinen dem Auge offenbar nur in Folge dieſer Zurückſtrahlung, ohne dieſelbe könnte ein dunkler Körper nur mittelſt der Umgebungen ſichtbar ſeyn. — Der Mangel der Zurückſtrahlung kann darin gegründet ſeyn, daß das auffallende Licht von dem Körper entweder unwirkſam gemacht, gleichſam verſchluckt, oder daß es vollkommen durchgelaſſen wird. In dem erſten Falle nennet man den Körper ſchwarz, in dem zweyten durchſichtig. Einen gar kein Licht zurückſtrahlenden Körper gibt es indeſſen nicht; ſchwarze Körper, wie ſie in der Wirk-

lichkeit vorkommen, können, wenn ſie polirt ſind, ſogar zu Spiegeln dienen.

Unſichtbar wäre übrigens auch ein vollkommener Spiegel; nicht er, nur die Bilder der Gegenſtände könnten durch ihn dem Auge erſcheinen.

Die Lehre von den Erſcheinungen und Geſetzen der Reflexion des Lichtes nennet man Katoptrik, von dem griechiſchen Worte κατόπτρον Spiegel.

§. 743. Ein Spiegel kann eben oder gekrümmt, und in dem letztern Falle erhaben (convex) oder hohl (concav) ſeyn. Ferner kann die Krümmung eines convexen oder concaven Spiegels verſchieden ſeyn, z. B. ſphäriſch, paraboliſch, elliptiſch, hyperboliſch u. ſ. w. Es gibt endlich außer den ebenen und gekrümmten Spiegeln auch gemiſchte, nähmlich ſolche, welche nach einer Dimenſion geradlinig, nach der andern gekrümmt ſind; dahin gehören die cylindriſchen und kegelförmigen.

Beyſpiele von ſpiegelnden Flächen, die in der Natur häufig gefunden werden, ſind: die Oberfläche eines ruhigen Waſſers, des Queckſilbers und anderer tropfbar flüſſigen Materien; ferner die Oberflächen ſehr vieler Kryſtalle; dann die glänzenden Flächen, die man durch mechaniſche Zerklüftung derſelben erhält (§. 487.). Die am meiſten gebräuchlichen Spiegel ſind bekanntlich geſchliffenes Glas, welches an ſeiner hintern Fläche mit einem Zinnamalgam bedeckt wird. Da indeſſen ſowohl die vordere als die hintere Fläche eines Glasſpiegels Licht zurückſtrahlt: ſo iſt er in vielen Fällen (z. B. zur Verfertigung mancher optiſchen Vorrichtungen) nicht anwendbar. Metallſpiegel ſind für den eben genannten Gebrauch weit vorzüglicher; und zwar deſto mehr, je härter und je dichter das Metall oder die Metallmiſchung iſt, deren man ſich bedient, je mehr ſich jenes, oder dieſe der Weiße nähert, und je weniger es an der Luft ſeine Politur und ſeinen Glanz verliert. Wegen der eben genannten Eigenſchaft würden Spiegel aus Platin die vorzüglichſten ſeyn. Wegen des hohen Preiſes dieſes Metalles aber hat man verſchiedene Metallmiſchungen zu Spiegeln verſucht; man lobt diejenige, die aus drey Theilen Kupfer, einem Theile Zinn und etwas wenigem Arſenik beſteht. John Edwards räth einen Theil Meſſing hinzuzufügen, und gibt als das beſte Verhältniß des

Kupfers zu Zinn, Arſenik und Meſſing folgendes an = 32 : 16 : 1 : 1 (ſ. Gilberts Ann. der Phyſ. Bd. XII. S. 179.) — Nach einer Angabe von Mudge erhält man eine gute Metallmiſchung aus 2 Pfund Kupfer und $14^1/_2$ Unzen Zinn. Das Kupfer wird zuerſt geſchmolzen, dann das Zinn hinzugeſetzt, die Schlacken abgeſchäumt, und die Miſchung in einen Einguß gegoſſen. Nach Mudge's Rath iſt es gut, die Compoſition, ehe Spiegel daraus gegoſſen werden, mehrmahls vorher zu ſchmelzen, dadurch werde das Zinn mit dem Kupfer inniger verbunden. Wenn etwa durch das Schmelzen die Härte oder die Weiße leiden ſollte: ſo räth er noch etwas Zinn (etwa eine Unze) hinzuzuſetzen. — Übrigens kann man auch Spiegel mit Platin überziehen. — Auch bedient man ſich für manchen Fall zu Spiegeln eines undurchſichtigen oder eines an der Rückſeite mit ſchwarzer Farbe angeſtrichenen Glaſes.

Nach Rumford's Unterſuchungen geht bey einem ſehr guten gläſernen Planſpiegel 0,3494 des auffallenden Lichtes verloren. —

§. 744. Geſetze der Reflexion, aus welchen ſich alle durch Spiegelung bewirkten Erſcheinungen erklären laſſen, ſind folgende: 1) Das Licht wird ſo zurückgeworfen, daß der Einfallswinkel immer gleich iſt dem Zurückſtrahlungswinkel. Der Einfallswinkel nähmlich iſt derjenige, der von dem auffallenden Strahle und von dem Einfallslothe gebildet wird; der von demſelben Einfallslothe und dem zurückgeworfenen Strahle gebildete Winkel heißt Reflexionswinkel; Einfallsloth aber nennet man eine ſenkrecht auf die Spiegelfläche durch den Einfallspunct gezogene Linie. Wenn (Zeichn. 171.) mn den Durchſchnitt des Spiegels und ab den auffallenden Strahl bedeutet: ſo iſt cb das Einfallsloth, der Winkel abc der Einfallswinkel, bd der zurückgeworfene Strahl und der Winkel cbd der Reflexionswinkel. Die zwey Winkel abc und cbd ſind gleich. 2) Der auffallende Strahl, das Einfallsloth und der zurückgeworfene Strahl liegen in einer und derſelben Ebene, welche auf der ſpiegelnden Fläche ſenkrecht iſt, und die Zurückſtrahlungsebene genannt wird. In der Zeichn 171. ſind nähmlich ab, cb und bd in derſelben auf der Fläche mn ſenkrechten Ebene.

Aus dem erſten Geſetze folgt, daß ein Strahl, der auf die

zurückwerfende Fläche ſenkrecht auffällt, denſelben Weg, den er gegen ſie gegangen iſt, zurückgeht; denn er fällt mit dem Einfallslothe zuſammen, ſein Einfallswinkel iſt mithin null, und ſo muß er, damit ſein Reflexionswinkel auch null ſey, bey dem Zurückgange ebenfalls mit dem Einfallslothe zuſammenfallen. Man ſagt von einem ſolchen Strahle, er werde in ſich ſelbſt zurückgeworfen. — Alle Erſcheinungen der Spiegelung (von denen ausführlich wird geſprochen werden) ſind genaue Beſtätigungen der eben angegebenen Geſetze, ohne welche ſie gar nicht Statt finden könnten, ſo, daß eigene Verſuche darüber allerdings entbehrlich wären. Indeſſen laſſen ſich dergleichen leicht anſtellen, davon der folgende ein ſehr einfacher iſt. Man ſtelle ſenkrecht auf einen horizontal gelegten ebenen Spiegel sp (Zeichn. 172.) ein viereckiges hölzernes Rechteck a b d e, durch deſſen Mitte eine gerade Linie f c ſenkrecht auf b d gezogen iſt, ſo nähmlich, daß b c = d c. Man bringe ferner an der einen Seite des Bretes eine feine Spitze oder ein glänzendes Kügelchen (z B. eine Stecknadel) in irgend einem Punkte m an, und lege auf der entgegengeſetzten Seite das Auge an die Stelle n, deren Entfernung vom Spiegel gleich iſt der Entfernung der Stelle m von demſelben, ſo nähmlich, daß n d = m b. Dazu kann ein Löchlein in einem in n befeſtigten Plättchen dienen. Man wird nun das Bild der Spitze oder des Kügelchens im Spiegel ſehen; ſobald man aber die mittelſte Stelle c bedeckt, verſchwindet das Bild. Daraus folgt, daß das Licht, welches von m aus auf den Spiegel und durch Zurückſtrahlung in das Auge gelangte, den Weg m c n machen mußte, wobey mithin m c der Weg des einfallenden, c n der Weg des zurückſtrahlenden Lichtes iſt, alſo f c das Einfallsloth, m c f der Einfallswinkel, n c f der Reflexionswinkel. Beyde Winkel ſind offenbar gleich, auch liegen die zwey Strahlen m c und c n, dann das Einfallsloth f c in einer und derſelben auf der Ebene des Spiegels ſenkrechten Ebene.

Ein bequemer, zu einem genauen Verſuche dienlicher, von Cauchoix angegebener Apparat iſt der in der Zeichn. 173. abgebildete. A Z B iſt ein gehörig eingetheilter kreisförmiger Ring, deſſen Ebene auf dem Geſtelle g befeſtigt iſt, und ſich mittelſt der Stellſchrauben S S S vertical ſtellen läßt. Am Umkreiſe ſind zwey Laufer L und l, jeder

mit einer kleinen Öffnung verſehen. Von dem Mittelpuncte C wird ein polirtes Spiegelglas ſenkrecht auf die Ebene des Ringes angebracht und ſeine Lage gleichfalls durch Stellſchrauben regulirt. Über dem Glaſe wird ein Metallſtreifchen M befeſtigt; der eine Rand desſelben muß genau von der Mitte C ausgehen. Endlich wird noch ein Strich über den Streifen geführt, genau ſo weit entfernt von C, als die Öffnungen der Läufer von dem Ringe entfernt ſind; mithin ſind L, c, l genau in derſelben Ebene. Der Verſuch iſt folgender. Man ſtellt den Apparat vor ein offenes Fenſter, damit das Licht der Wolken durch die Öffnung des beliebig geſtellten Läufers L auf das Glas fallen könne. Man verrückt den zweyten Läufer ſo lange, bis man, durch deſſen Loch durchſehend, das Bild des Loches o genau am Rande der ſcharfen Kante des Metallſtreifens M erblickt. Hier ſind offenbar die Puncte o, c, l in einer und derſelben auf der Spiegelfläche ſenkrechten Ebene. Zugleich findet ſich, daß bey dieſer Stellung die Öffnungen der beyden Läufer um gleich viel Grade von Z abſtehen. Man ſieht, daß dieſer Verſuch eigentlich derſelbe iſt mit dem in §. 744. angegebenen, nur genauer.

Übrigens kann man auch in ein verfinſtertes Zimmer durch eine kleine Öffnung des Fenſterladens einen Lichtkegel auf einen ebenen Spiegel fallen laſſen. Er wird zurückgeworfen, und macht ein kleines Lichtbild an irgend einer Stelle der Wand. Stellt man nun auf den Spiegel einen in Grade getheilten Halbkreis, ſo daß der Mittelpunct desſelben mit dem Einfallspuncte zuſammentrifft: ſo zeigt ſich an dem Halbkreiſe auch der Einfallswinkel gleich dem Reflexionswinkel. Da indeſſen der Lichtkegel keineswegs ein einfacher Strahl iſt: ſo gilt das Geſetz nur von der Achſe desſelben.

§. 745. Aus den angegebenen Geſetzen ſollen nun die mannigfaltigen Erſcheinungen durch Spiegelung vorerſt mittelſt der Betrachtung des Ganges der Lichtſtrahlen abgeleitet, nachher aber (beſonders zum Behufe der praktiſchen Anwendung) mittelſt der Rechnung beſtimmt werden.

§. 746. Wirkung der ebenen Spiegel. — Da der Einfallswinkel immer gleich iſt dem Zurückſtrahlungswinkel: ſo iſt von ſelbſt einleuchtend, daß alle Strahlen, welche parallel unter einander auf einen ebenen Spiegel auffallen, auch nach der Zurückwerfung parallel bleiben müſſen. Denn alle haben gleiche Einfallswinkel, alle demnach auch gleiche Reflexions-

winkel, mithin wird an ihrem Parallelismus nichts geändert.— Auch die Convergenz und Divergenz der Strahlen wird durch den ebenen Spiegel nicht geändert. Vorzüglich wichtig iſt die letztere, denn die aus jedem ſtrahlenden Puncte auf den Spiegel fallenden Strahlen ſind divergent. Wie nun durch dieſe die Bilder der Gegenſtände für das Auge erſcheinen, ſoll ſogleich gelehrt werden.

§. 747. Das Bild eines jeden Objectes erſcheint der Erfahrung gemäß in einem ebenen Spiegel hinter demſelben, und zwar in einer Entfernung, welche gleich iſt der Entfernung des Objectes von dem Spiegel; Bild und Object haben dieſelbe Geſtalt, Größe, und, in Beziehung auf den Spiegel, dieſelbe Lage. Die Nothwendigkeit dieſer allbekannten Erſcheinung läßt ſich aus folgender Betrachtung leicht einſehen. Aus einem jeden ſtrahlenden Puncte fallen unzählig viele divergirende Strahlen auf den Spiegel; alle werden ſo zurückgeworfen, daß ſie aus einem Punete zu kommen ſcheinen, der hinter dem Spiegel liegt, und zwar ſo weit hinter dem Spiegel, als der ſtrahlende Punct vor demſelben. Es ſey z. B. (Zeichn. 174.) kt der Spiegel oder vielmehr der Durchſchnitt desſelben, a ein leuchtender Punct, von dem unzählige Strahlen auf den Spiegel fallen. Von allen dieſen wollen wir nur den Strahl ab betrachten. Er wird ſo zurückgeworfen, daß der Winkel m = n und p = q iſt. Man ziehe nun aus a eine ſenkrechte Linie ae auf den Spiegel, oder (wenn er zu klein wäre) auf deſſen Verlängerung, und verlängere dann den zurückgeworfenen Strahl bd und jene ſenkrechte ae rückwärts, bis ſich beyde irgendwo ſchneiden. Es läßt ſich leicht zeigen, daß der Durchſchnittspunct f auf der hintern Seite ſo weit von dem Spiegel abſtehe, als der leuchtende Punct a auf der vordern, oder daß fe = ae. Denn die Dreyecke abe und ebf ſind congruent, indem r und r′ rechte Winkel ſind, indem ferner der Winkel p gleich iſt dem Winkel q und dieſer gleich ſeinem Scheitelwinkel s, indem endlich die Seite eb bey den Dreyecken gemein iſt, und alſo eine Seite mit zwey an-

liegenden Winkeln in dem einen Dreyecke gleich iſt einer Seite mit zwey anliegenden Winkeln in dem andern. In congruenten Dreyecken aber liegen gleichen Winkeln gleiche Seiten gegenüber, und ſomit iſt auch ae = fe. Was von dem einen Strahle ab gilt, gilt auch von jedem andern, z. B. von ag, ah u. ſ. w, mithin von allen unzähligen Strahlen, die in der Zeichn. 175. angedeutet ſind. Alle haben nach der Reflexion den Gang als ob ſie aus dem Puncte f kämen. Mag nun das Auge ſich wo immer befinden, in o, o′, o″; wenn nur noch reflectirte Strahlen in dasſelbe kommen können, ſo erhält es in jedem Falle einen Lichtkegel, deſſen Grundfläche am Auge, deſſen Scheitel aber in dem Puncte f ſich befindet. — Das Auge ſieht demnach das Bild des leuchtenden Punctes in dem genannten Puncte hinter dem Spiegel, weil es denſelben Eindruck erhält, als ob das Licht wirklich aus dieſem Puncte käme — Was nun von einem Puncte gilt, gilt von allen. Es wird eben darum auch das Bild des ganzen Gegenſtandes ſo weit hinter dem Spiegel erſcheinen, ſo weit der Gegenſtand ſich vor dem Spiegel befindet, es wird ferner dieſes Bild dem Gegenſtande an Größe, Geſtalt und Stellung gleich ſeyn.

In Beziehung auf die Stellung iſt nur dieß zu merken, daß eine Perſon, die ihr eigenes Bild in einem Spiegel ſieht, ihre linke Seite in Beziehung auf ſich ſelbſt links, und ihre rechte rechts ſieht, aber eben darum in Beziehung auf das Bild (dieſes nähmlich als Perſon betrachtet) die beyden Seiten verwechſelt ſehen muß.

Abgeleitete Erſcheinungen:

Lage des Bildes in einem horizontalen und in einem geneigten Spiegel. In jenem erſcheinen alle Gegenſtände geſtürzt, wie dieſes z. B. ſo oft an den Bildern der Bäume, Häuſer u. d. gl. der Fall iſt, welche wir in einem ruhig ſtehenden Waſſer ſehen. Dieſes erklärt ſich aus dem Vorigen. Denn, wenn (Zeichn. 176.) in dem Spiegel hr von dem Objecte ab der Punct b in b′, der Punct a in a′ erſcheint, ſo daß bc = b′c und ac = a′c, ſo iſt nothwendiger Weiſe das Bild a′b′ geſtürzt. — Eben ſo leicht erklärt ſich, warum in einem Spiegel, der mit dem Horizonte einen Winkel von 45 Graden macht, das Bild eines aufrecht ſtehenden Gegenſtandes liegend, das eines liegenden ſtehend erſcheinet, denn in einem ſolchen Spiegel pq (Zeichn. 177.) erſchein

von dem Puncte a des Gegenſtandes ab das Bild in a′, von dem Puncte b aber in b′, ſo daß a m = a′ m, und b n = b′ n (§. 747.), daß alſo die Verlängerungen von ab und a′ b′ ſich in r unter einem rechten Winkel ſchneiden. —

Nöthige Größe eines Spiegels, worin eine Perſon ſich ganz erblicken will (unter der Vorausſetzung, daß die Perſon und der Spiegel eine parallele Lage haben). Ein ſolcher Spiegel braucht nur halb ſo lang und halb ſo breit zu ſeyn als die Perſon. Geſetzt d e (Zeichn. 178.) ſey die Länge der letzteren, die ihr ganzes Bild f g im Spiegel s p ſieht, und c ſey ihr Auge: ſo ſind f c, g c die äußerſten Strahlen des Bildes. Wenn dieſe nun den Spiegel in h und i durchſchneiden: ſo iſt nur der Theil h i wirkſam; es iſt aber f g : h i = g c : i c = e g : e l = 2 : 1.

Erſcheinungen durch zwey Spiegelflächen. — Wenn zwey Spiegel eine parallele Stellung gegen einander haben, und zwiſchen beyden ſich ein Gegenſtand befindet: ſo erſcheinen von dieſem unzählige Bilder ſowohl in dem einen als in dem andern Spiegel. Denn jeder von beyden Spiegeln ſammt dem Bilde darin iſt ein Object für den andern Spiegel. So erſcheinen denn in jedem ſchon zwey Bilder des Gegenſtandes. Nun iſt wieder jeder Spiegel ſammt ſeinen zwey Bildern ein Object für den andern; mithin zeigt jeder drey Bilder, und auf dieſelbe Weiſe vier, fünf u. ſ. w., mithin unzählige. — Iſt die Lage der Spiegel nicht parallel, ſondern machen ſie irgend einen Winkel mit einander: ſo iſt die Zahl der Bilder des Zwiſchenobjectes nothwendiger Weiſe deſto größer, je kleiner der Winkel iſt; je mehr alſo die Spiegel der parallelen Lage ſich nähern. — Man nennet eine Vorrichtung, beſtehend aus zwey Spiegeln, welche unter einen beliebigen Winkel geſtellt werden können, einen Winkelſpiegel. Wenn vor einem ſolchen der Bogen eines Kreiſes liegt, deſſen Mittelpunct in der Achſe ſich befindet, um welche beyde Spiegel ſich drehen: ſo bildet er ſammt den von ihm in beyden Spiegeln erſcheinenden Bildern einen ganzen Kreis. Man kann demnach leicht finden, unter welchem Winkel die Spiegel geneigt ſeyn müſſen, wenn das Bild doppelt, dreyfach u. ſ. w. erſcheinen ſoll. Es erſcheint ſo oftmahl, ſo vielmahl der Winkel der Spiegel in 360 Graden enthalten iſt. Hier wird nähmlich der Gegenſtand ſelbſt auch als Bild gerechnet. — Auf dieſen Gründen beruhen auch die Erſcheinungen des unter dem Nahmen Kaleidoſkop (Prachtſehrohr) bekannten beluſtigenden Apparate (deſſen Nahme aus σκοπεω ſehen, und καλον ειδος ſchönes Bild zuſammengeſetzt iſt). Er beſteht aus zwey länglichen, unter einem Winkel geneigten und

auf irgend eine Art mit einander verbundenen ſpiegelnden Flächen, die in eine Röhre geſteckt und darin befeſtigt ſind. Sie haben dann beyläufig die Geſtalt, wie in der Zeichn. 179. zu ſehen iſt. Oben bedeckt man ſie mit einem Streifen Pappe, Leder, Papier u. d. m., und ſo bilden die Spiegel mit der nicht ſpiegelnden Fläche ein hohles dreyſeitiges Prisma. Wird nun irgend ein Gegenſtand dicht an die eine Mündung gebracht; und ſieht man bey der andern in die Höhlung des Prisma: ſo erſcheinet er vervielfältigt. Gewöhnlich bringt man in eine Kapſel, welche aus zwey runden, mittelſt eines nicht ſehr breiten Ringes zuſammengehaltenen Glasſcheiben beſteht, verſchiedene kleine Objecte, als Stückchen von farbigen Steinchen, von Glas u. d. m. Wird nun dieſe Kapſel entweder durch eine mechaniſche Vorrichtung oder mittelſt der Hand, oder auch dadurch gedreht, daß man das ganze Kaleidoſkop umdreht: ſo bewegen ſich dieſe Objecte, miſchen ſich, kommen daher in die verſchiedenſten Lagen, und bilden ſo mannigfaltige Figuren von verſchiedenen Farben, deren Geſtalt immer ſymmetriſch ausfällt, wenn nur der Winkel der Reflectoren ein aliquoter Theil eines Kreiſes iſt. Zu den Reflectoren können zwey belegte oder auch unbelegte Glasſpiegelplatten genommen werden. Die letztern ſind vorzüglicher, beſonders wenn ihre Hinterſeite geſchwärzt oder matt geſchliffen iſt, indem die belegten, wegen der doppelten Zurückſtrahlung, die Bilder undeutlicher machen. Die ſchönſte Wirkung gewähren Metallſpiegel. Sind ſie zugleich mit einer Einrichtung verſehen, daß ihr Neigungswinkel ſich nach Belieben vergrößern und verkleinern läßt: ſo ſind, wie Jedermann von ſelbſt einſieht, die Erſcheinungen äußerſt mannigfaltig.

Das bisher beſchriebene Kaleidoſkop gibt nur ſternförmige Geſtalten, es laſſen ſich indeſſen auch andere hervorbringen, z. B. gekrümmte, bogenförmige, wenn man die beyden Spiegel von einander entfernt (wie in der Zeichn. 180.). Vier Spiegel (wie in der Zeichn. 181.) geben ſtreifenweiſe zuſammengeſtellte Bilder. — Daß das Kaleidoſkop (beſonders das letzterwähnte) allerdings dienen könne, gefällige Muſter zu allerhand Behufe anzugeben, iſt einleuchtend; und ſo kann eben darum von Kattundruckern, Tapetenfabrikanten, Buchbindern, Stukkaturarbeitern, Drahtflechtern ꝛc. ein nützlicher Gebrauch davon gemacht werden.

Doppelbilder in gewöhnlichen Glasſpiegeln. Weil bey dieſen ſowohl die vordere als die hintere Fläche ein Spiegel iſt, ſo erſcheint darin das Bild von jedem Objecte doppelt; doch decket eines das andere beynahe ganz, wenn die Richtung des Auges auf den Spiegel ſenkrecht, und der Gegenſtand nicht zu nahe an dem

letztern iſt. Hält man aber etwa ein Kartenblatt ganz nahe an den Spiegel: ſo erblickt man, etwas ſchief nach dem Bilde ſehend, dasſelbe deutlich doppelt. Sieht man ſehr ſchief in den Spiegel, an den man recht nahe eine Flamme hält, ſo kann man eine ganze Reihe von Bildern derſelben erblicken; die Urſache iſt die mehrmahlige Zurückwerfung des Lichtes zwiſchen den beyden ſpiegelnden Flächen.

Noch ſoll (ehe wir die Betrachtung des ebenen Spiegels verlaſſen) folgender bekannten Erſcheinung kürzlich erwähnt werden. Fängt man die Sonnenſtrahlen, die ein ebener Spiegel zurückwirft, in der Nähe auf: ſo bilden ſie eine Figur, die der Figur des Spiegels ähnlich iſt. Je mehr aber die Entfernung zunimmt, in welcher das Bild aufgefangen wird, deſto mehr rundet ſich dasſelbe ab, und wird zuletzt kreisförmig, der Spiegel mag eckig, rund, oder wie immer geſtaltet ſeyn. Dieſes Phänomen iſt gleich dem, welches Statt findet, wenn das Sonnenlicht durch ein kleines Loch in ein verfinſtertes Zimmer tritt (§. 728. Zuſ.).

§. 748. Wirkung der krummflächigen Spiegel. — Wenn die zurückwerfende Fläche eine gekrümmte iſt (mag ſie übrigens concav oder convex ſeyn): ſo gilt dasſelbe Geſetz der Zurückwerfung. Es iſt nur das Einfallsloth zu beſtimmen. Bey ſphäriſchen Flächen macht dieſes keine Schwierigkeit, wenn nur der Mittelpunct der Krümmung bekannt iſt, d. h. der Mittelpunct derjenigen Kugel, von welcher der Spiegel als ein Theil zu betrachten iſt. Eine aus dieſem Mittelpuncte durch den Einfallspunct gezogene gerade Linie iſt nähmlich das Einfallsloth. Iſt m n (Zeichn. 182.) der Durchſchnitt eines Hohlſpiegels, c der Mittelpunct der Krümmung und a b der einfallende Strahl: dann iſt die Linie c b, weil ſie durch den Mittelpunct c und durch den Einfallspunct b geht, das Einfallsloth; daher a b c der Einfallswinkel; der zurückgeworfene Strahl b d muß demnach auf der andern Seite des Einfallslothes eine ſolche Lage haben, daß der Reflexionswinkel d b c dem Einfallswinkel a b c gleich ſey. — Dasſelbe gilt für einen Convexſpiegel m n (Zeichn. 183.). Iſt hier a b der einfallende Strahl: ſo iſt die aus dem Mittelpuncte gezogene Linie c e das Einfallsloth, a b e der Einfallswinkel, e b d der Reflexionswinkel.

Bey allen ſphäriſchen Spiegeln heißt ferner die durch den Mittelpunct des Spiegels und den Mittelpunct der Krümmung desſelben gezogene gerade Linie die Achſe, genauer: Hauptachſe. Eine ſolche iſt in der Zeichn. 184. die Linie a m.

Jede durch den Mittelpunct der Krümmung auf den Spiegel gezogene Linie iſt eine Achſe. Eben darum heißt jene oben angegebene die Hauptachſe, alle übrigen ſind dann Nebenachſen, z. B. de, gh u. ſ. w.

§. 749. Hohlſpiegel. — Von den ſphäriſchen Hohlſpiegeln lehrt die Betrachtung ſowohl als die Erfahrung Folgendes:

I. Zurückwerfung der mit der Achſe parallelen Strahlen. Alle Strahlen, welche mit der Achſe parallel auffallen, werden ſo zurückgeworfen, daß ein jeder derſelben die Achſe in irgend einem Puncte ſchneidet. Sind die einfallenden Strahlen zugleich der Achſe ſehr nahe: ſo ſchneiden die zurückgeworfenen dieſelbe beynahe in einem und eben demſelben Puncte. Dieſen Punct nennet man den Brennpunct, und ſeine Entfernung von dem Spiegel die Brennweite. Es ſey (Zeichn. 185.) mn der Durchſchnitt eines Hohlſpiegels, c der Mittelpunct der Krümmung, alſo ab die Achſe; es ſey ferner de ein auffallender Strahl, mithin ec das Einfallsloth und eg der zurückgeworfene Strahl. Man ſieht, daß dieſer die Achſe in dem Puncte f ſchneidet. Eben ſo wird dieſelbe von allen jenen Strahlen nach der Zurückwerfung derſelben geſchnitten, welche in gleicher oder in beynahe gleicher Entfernung von der Achſe auf den Spiegel fallen; ſo z. B. gilt dieſes offenbar auch von dem Strahle rs, welcher in der Richtung st zurückgeworfen wird. Denkt man ſich indeſſen alle auffallenden Strahlen der Achſe ſehr nahe: ſo ſind ſie auch von einander nur wenig entfernt, und man kann ohne Fehler für alle nach ihrer Zurückwerfung einen und denſelben Durchſchnittspunct f annehmen. — Man findet die Stelle des Brennpunctes durch einen Verſuch, wenn man den Spiegel gegen die Sonne richtet, dann irgend eine Fläche, welche (um ſo wenig Strahlen als möglich von dem Spiegel abzuhalten) ganz klein ſeyn muß, den zurückgeworfenen Strahlen entgegenſetzt, und ſie ſo lange dem Spiegel bald nähert, bald von ihm

entfernt, bis der auf der Fläche erſcheinende lichte Kreis (welcher das Sonnenbild iſt) am kleinſten wird. Die Entfernung des Täfelchens von dem Spiegel iſt die Brennweite des letztern. Sie iſt gleich dem halben Krümmungshalbmeſſer des Spiegels.

Wegen der ungeheuern Entfernung der Sonne von der Erde kann man alle aus einem Puncte derſelben ankommenden Strahlen für parallel unter einander anſehen. Würde die Sonne uns als ein leuchtender Punct erſcheinen, ſo würde auch das Sonnenbild in dem Brennpuncte nur ein Punct ſeyn; da aber die erſcheinende Größe der Sonne ungeachtet ihrer Entfernung noch immer bedeutend iſt, ſo hat auch dieſes Sonnenbild immer eine gewiſſe Größe, und zwar (aus ſpäter einleuchtenden Gründen) eine deſto größere, je größer die Brennweite des Spiegels iſt.

Daß der Brennpunct der parallelen Strahlen in der Mitte des Halbmeſſers der Krümmung liegen müſſe, läßt ſich auch leicht durch die Betrachtung zeigen; denn das Dreyeck e c f (Zeichn. 185.) iſt ein gleichſchenkeliges, indem der Reflexionswinkel f e c gleich iſt dem Einfallswinkel c e d, dieſer letztere aber gleich dem Wechſelwinkel e c f. Iſt aber das Dreyeck gleichſchenkelig, ſo iſt e f gleich f c; wenn nun d e der Linie a b unendlich nahe iſt, ſo iſt e f gleich b f, und daher auch b f gleich c f.

§. 750. II. Zurückwerfung der aus einem und demſelben Puncte, mithin divergent auffallenden Strahlen. Aus dem, daß parallele Strahlen durch die Zurückwerfung von einem Hohlſpiegel convergent werden (§. 749.), ſieht man ſchon, daß dieſer Spiegel die Convergenz begünſtige. Convergent auffallende Strahlen werden demnach noch convergenter. Wichtiger als dieſe müſſen uns indeſſen die divergenten ſeyn, indem aus einem jeden ſtrahlenden Puncte eines Gegenſtandes divergente Strahlen auf jede Fläche und alſo auf den Spiegel fallen. Was geſchieht mit dieſen? Das kommt auf die Entfernung des ſtrahlenden Punctes an. Befindet ſich dieſer in einer ſehr großen Entfernung, ſo daß die von ihm ausgehenden auf den Spiegel fallenden Strahlen beynahe als parallel können betrachtet werden: dann iſt der Vereinigungspunct derſelben nach ihrer Zurückwerfung im Brennpuncte (§. 749.). Nähert ſich der ſtrahlende Punct dem

Spiegel: ſo werden nothwendiger Weiſe die auf denſelben Theil des Spiegels fallenden Strahlen ſtärker divergent, der Vereinigungspunct derſelben nach der Zurückſtrahlung muß demnach von dem Spiegel weiter abſtehen, und zwar immer weiter, je näher dem Spiegel der leuchtende Punct kömmt. Iſt endlich dieſer in dem Mittelpuncte der Krümmung des Spiegels: ſo iſt der Vereinigungspunct der von ihm ausgehenden Strahlen ebenfalls dort, weil jeder dieſer Strahlen als ein ſenkrecht auffallender in ſich ſelbſt (§. 744.) zurückgeworfen wird. Nähert der leuchtende Punct ſich dem Spiegel noch mehr: ſo ſind die auf denſelben Raum des Spiegels auffallenden Strahlen noch ſtärker divergent; ihr Vereinigungspunct iſt demnach entfernter vom Spiegel, als der Mittelpunct der Krümmung, und deſto entfernter, je näher der ſtrahlende Punct dem Brennpuncte kommt. — Iſt der leuchtende Punct im Brennpuncte: ſo ſind die zurückgeworfenen Strahlen mit einander parallel, ihr Vereinigungspunct iſt demnach in einer unendlichen Entfernung, d. h. nirgends. Es iſt dieſes der umgekehrte Fall von dem, wenn der ſtrahlende Punct in einer unendlichen Entfernung gedacht wird. Rückt endlich der leuchtende Punct dem Spiegel noch näher; ſo ſind die auf denſelben Raum des Spiegels fallenden Strahlen noch mehr divergent, ſie können demnach durch Zurückſtrahlung nicht mehr parallel werden, ſondern bleiben divergent, nur wird ihre Divergenz vermindert; ſie ſcheinen demnach aus einem hinter dem Spiegel liegenden Puncte zu kommen, der der Spiegelfläche deſto näher liegt, je näher der leuchtende Punct an dieſelbe rückt. Berührt der leuchtende Punct die Spiegelfläche: ſo ſcheint auch der Vereinigungspunct ſie zu berühren.

Für alle dieſe Fälle dienen die Zeichn. 186., 187. und 188. zur Erläuterung.

1. Wenn in der Zeichn. 186. der ſtrahlende Punct in dem Brennpuncte f iſt: ſo müſſen die Strahlen fA und fa zu parallelen werden, und in den Richtungen Ad und ab zurückgehen.

2. Iſt der ſtrahlende Punct näher, z. B. in p (Zeichn. 187.), und fallen die Strahlen auf den Theil Aa des Spiegels, der gleich

iſt dem Theile A a in der Zeichn. 186.: ſo ſind ſie offenbar divergenter, als fa und fA in dieſer Zeichnung. Sie bleiben demnach divergent; der Achſenſtrahl pA wird in ſich ſelbſt, alſo in der Richtung A c d zurückgeworfen, der Strahl pa aber in der Richtung a m. Sie ſcheinen demnach aus einem hinter dem Spiegel liegenden Puncte q zu kommen.

3. Iſt der leuchtende Punct von dem Spiegel weiter entfernt als der Brennpunct, ſo ſind wieder folgende Nebenfälle möglich:

a) Wenn der ſtrahlende Punct irgendwo zwiſchen dem Brennpuncte und dem Mittelpuncte der Krümmung ſich befindet, z. B. in i (Zeichn. 188.); dann ſind die auf denſelben Theil des Spiegels A a fallenden äußerſten Strahlen i A und i a. Der erſte wird in ſich, der zweyte in der Richtung a r zurückgeworfen; dieſer ſchneidet den Achſenſtrahl in o alſo in einer größern Entfernung als der Halbmeſſer der Krümmung.

b) Wäre der ſtrahlende Punct in dem Mittelpuncte der Krümmung, alſo in c: ſo würden alle Strahlen in ſich zurückgeworfen, und ſich in c ſchneiden.

c) Rückt der ſtrahlende Punct weiter von c von dem Spiegel ab, ſo muß der Vereinigungspunct näher an den Spiegel kommen; wäre z. B. der ſtrahlende Punct in o (Zeichn. 188.), ſo iſt der Vereinigungspunct in i; denn dieß iſt gerade der umgekehrte Fall von dem, wo i der ſtrahlende Punct war. Man ſieht ſchon, daß, wenn der ſtrahlende Punct noch weiter wegrückt, der Vereinigungspunct i dem Brennpuncte immer näher kommt, bis er endlich mit dieſem zuſammenfällt, wenn man o in eine unendliche Entfernung ſetzt; denn nun ſind die aus ihm auf dem Spiegel fallenden Strahlen als parallel unter einander zu betrachten.

§. 751. III. Gang der Strahlen, wenn der ſtrahlende Punct außer der Hauptachſe liegt. Wir haben uns bisher dieſen Punct immer in der Hauptachſe des Spiegels gedacht; was wird geſchehen, wenn er über oder unter derſelben iſt, oder ſeitwärts? — Dann iſt auch der Vereinigungspunct der zurückgeworfenen Strahlen darüber oder darunter oder ſeitwärts; allein immer auf der entgegengeſetzten Seite des ſtrahlenden Punctes. Iſt z. B. der ſtrahlende Punct in a (Zeichn. 189.), ſo iſt der Vereinigungspunct in α. — Denn von jedem Puncte a läßt ſich eine Linie a b ſo auf den Spiegel

ziehen, daß ihre Richtung durch den Mittelpunct der Krümmung c geht; und dieſe Linie iſt für dieſen Punct als die Achſe zu betrachten (§. 748. Zuſ.). Man nennet ſie auch den Hauptſtrahl des Strahlenkegels (§. 726.).

Geſetzt, eine ſolche Linie treffe nicht den Spiegel ſelbſt (wie das z. B. der Fall iſt bey der Linie acb in der Zeichn. 190., indem der Spiegel mn nicht bis b reicht): ſo ſchadet dieſes nichts: denn alle übrigen Strahlen (z. B. ar, at u. ſ. w.) werden immer auf dieſelbe Weiſe zurückgeworfen, mag der Spiegel bey n ein Ende haben, oder bis b oder über b hinaus reichen.

§. 752. IV. Bilder der Puncte und ganzer Gegenſtände. — Wenn die aus einem ſtrahlenden Puncte auf den Hohlſpiegel fallenden Lichtſtrahlen nach der Zurückwerfung ſich in einem Puncte ſchneiden: ſo fahren ſie hinter dieſem wieder aus einander. Treffen dieſe Strahlen irgend ein Auge, ſo ſieht dieſes nothwendiger Weiſe dort das Bild des leuchtenden Punctes a. So ſieht das Auge o (Z. 191.) in α das Bild des leuchtenden Punctes a. Solch ein vor dem Spiegel erſcheinendes Bild nennet man ein Luftbild. Nicht aber werden in allen Fällen, wie wir geſehen haben (§. 750.), die aus dem ſtrahlenden Puncte kommenden Strahlen ſo reflectirt, daß ſie ſich ſchneiden. Bleiben ſie nach der Reflexion divergent, ſo ſcheinen ſie (nach demſelben §.) aus einem und demſelben hinter dem Spiegel liegenden Puncte zu kommen. Wird nun von ihnen ein Auge getroffen: ſo wird dieſem das Bild des ſtrahlenden Punctes dort erſcheinen. So erſcheinet z. B. dem Auge o (Zeichn. 192.) das Bild des leuchtenden Punctes a in α. Man nennt im letztern Falle das hinter dem Spiegel erſcheinende Bild ein geometriſches, im Gegenſatze des früher erwähnten phyſiſchen, vor dem Spiegel erſcheinenden. Dieſes letztere läßt ſich auch mittelſt einer weißen Fläche auffangen, und erſcheint auf dieſer, wie das Bild in der dunkeln Kammer. — Und was von den aus einem ſtrahlenden Puncte auf den Hohlſpiegel gelangenden Strahlen gilt, gilt von den Strahlen aller Puncte eines ſelbſt leuchtenden oder beleuchteten Gegenſtandes. Es mahlt ſich demnach das Bild des ganzen Gegenſtandes an der auffangenden weißen Fläche ab.

§. 753. **Beſtimmung des Ortes, der Lage und der Größe des Bildes durch Verzeichnung.** Den Ort des Bildes von was immer für einem leuchtenden Puncte zu beſtimmen, macht keine Schwierigkeit, wenn der Mittelpunct der Krümmung des Spiegels und der Ort des leuchtenden Punctes gegeben iſt. Man ziehe nähmlich zu dieſem Ende aus dem leuchtenden Puncte a (Z. 193. u. 194.) eine Linie a b ſo, als ob ſie aus dem Mittelpuncte der Krümmung käme. Ein Strahl, der in dieſer Richtung auffällt, wird in ſich ſelbſt, mithin in der Richtung b a zurückgeworfen (§. 744.). Dann ziehe man aus demſelben ſtrahlenden Puncte noch einen Strahl auf irgend einen beliebigen Punct des Spiegels, z. B. den Strahl a d, ſein Einfallsloth d c und die Richtung d e, nach der er zurückgeworfen wird. Er wird den erſtern irgendwo ſchneiden; entweder wirklich, alſo vor dem Spiegel, oder, wenn ſeine Richtung hinter dem Spiegel verlängert wird. Der Durchſchnittspunct a beyder Strahlen iſt der Ort des Bildes. Warum? Weil auch alle übrigen aus dem Puncte a kommenden, auf den Spiegel fallenden Strahlen nach der Zurückwerfung ſich in der Nähe des Punctes $\alpha$ ſchneiden; für das Auge demnach aus dem Puncte $\alpha$ zu kommen ſcheinen. — Was nun aber von einem Puncte gilt, gilt von allen. Man kann demnach auch ſowohl **den Ort, die Stellung und die Größe des Bildes von einem ganzen Objecte** finden, wenn man die Lage der Bilder der einzelnen Puncte desſelben zu beſtimmen ſucht. Es ſey a b (Zeichn. 195. u. 196.) ein ſolches Object: man findet nach der angezeigten Art das Bild des Punctes a in $\alpha$, des Punctes b in $\beta$; das Bild des ganzen Objectes iſt demnach $\alpha\beta$. Es iſt in dem Falle, den die Zeichn. 195 darſtellt, umgekehrt und vergrößert. Wäre dagegen (in derſelben Zeichnung) $\alpha\beta$ das Object: ſo wäre a b das Bild. In der Zeichn. 196. iſt das Bild hinter dem Spiegel, iſt aufrecht und vergrößert.

Die verſchiedenen Fälle, die ſich alle nach der angegebenen Methode beſtimmen laſſen, ſind folgende: Iſt der Gegenſtand in einer ſehr großen Entfernung vom Spiegel: ſo erſcheint das Bild vor dem Spiegel in der Gegend des Brennpunctes, iſt umgekehrt, und klei-

ner als das Object. Rückt der Gegenſtand näher gegen den Spiegel: ſo rückt das Bild vom Spiegel weiter weg, dem Gegenſtande entgegen, es erſcheint alſo zwiſchen dem Brennpuncte und dem Mittelpuncte der Krümmung, iſt umgekehrt und verkleinert, wird aber immer größer, je mehr der Gegenſtand dem Mittelpuncte der Krümmung ſich nähert. Iſt der Gegenſtand in der Gegend des Mittelpunctes der Krümmung, ſo iſt das Bild auch dort; es iſt umgekehrt, und hat die Größe des Gegenſtandes. Iſt der Gegenſtand zwiſchen dem Mittelpuncte der Krümmung und dem Brennpuncte: ſo iſt das Bild entfernter vom Spiegel als der Mittelpunct der Krümmung, iſt umgekehrt und vergrößert. Je näher der Gegenſtand dem Brennpuncte rückt, deſto weiter vom Spiegel erſcheinet das Bild, und deſto größer iſt es. Iſt endlich der Gegenſtand im Brennpuncte des Spiegels: ſo erſcheint gar kein Bild. Rückt der Gegenſtand dem Spiegel näher als der Brennpunct: ſo erſcheint das Bild wieder, aber hinter dem Spiegel aufrecht und vergrößert. Rückt der Gegenſtand dem Spiegel immer näher: ſo bleibt in der Hauptſache dieſelbe Erſcheinung, nur wird das Bild immer etwas kleiner, ſo daß es endlich dem Gegenſtande an Größe gleich kommt, wenn dieſer den Spiegel berührt.

Alle dieſe Erſcheinungen laſſen ſich leicht mittelſt einer Lichtflamme zeigen, wenn man dieſe in verſchiedenen Entfernungen von dem Spiegel hält, die zurückgeworfenen Strahlen mit einem Stück Papier auffängt, und dieſes in jedem Falle entweder dem Spiegel nähert, oder von ihm entfernt, bis ein Bild der Flamme darauf erſcheint.

Der Ort des Bildes eines jeden ſtrahlenden Punctes läßt ſich noch auf eine andere Art durch Zeichnung finden. Man zieht aus dem ſtrahlenden Puncte a (Zeichn. 197.) eine Linie ab, die durch den Mittelpunct der Krümmung geht; ein Strahl, der ſo auffällt, wird in ſich ſelbſt zurückgeworfen. Dann zieht man einen Strahl ad parallel mit der Achſe mn, und zieht von d dem Einfallspuncte desſelben eine Linie dr durch den Brennpunct f. Wo ſich beyde ſchneiden (vor oder hinter dem Spiegel), nähmlich in α, iſt das Bild. Dieſe Weiſe gründet ſich darauf, daß alle parallel mit der Achſe auffallenden Strahlen nach der Zurückwerfung durch den Brennpunct ihren Weg nehmen (§. 749.).

**§. 754. Abweichung wegen der Kugelgeſtalt.** Wir haben bey allen bisher betrachteten Erſcheinungen angenommen, daß der Spiegel nur wenige Grade hat, d. h.

nur ein kleiner Abſchnitt einer hohlen Kugel iſt, in welchem Falle (nach §. 749.) alle auf den Spiegel parallel mit der Achſe auffallenden Strahlen nach ihrer Zurückwerfung die Achſe beynahe in einem und demſelben Puncte (dem Brennpuncte) ſchneiden. Je entfernter aber ein Strahl von der Achſe auffällt (je mehr Grade der zwiſchen dem Einfallspuncte und dem Achſenpuncte liegende Bogen des Spiegels hat), deſto näher am Spiegel ſchneidet er nach der Zurückwerfung den Achſenſtrahl; ſo ſchneidet ihn z. B. der Strahl de (Zeichn. 198.) in f, der Strahl gh in i. Es gibt demnach für alle parallel mit der Achſe auffallenden Strahlen im ſtrengen Sinne keinen Brennpunct, ſondern einen Brennraum, der einige Länge hat. Auch ſchneiden dieſe Strahlen einander gegenſeitig in verſchiedenen Puncten, z. B. die zurückgeworfenen Strahlen ee′ und hh′ ſchneiden ſich in s, die Strahlen hh′ und ll′ in t u. ſ. w. Dasſelbe gilt nun auch von den Strahlen, welche aus einem und demſelben ſtrahlenden Puncte (alſo divergirend) auf den Spiegel fallen; auch ſie werden nicht alle genau einen und denſelben Vereinigungspunct haben. Die Bilder, welche ſie bewirken, werden mithin etwas an Deutlichkeit leiden. Man nennet dieſe Undeutlichkeit die Abweichung der Strahlen wegen der Kugelgeſtalt. Denn hat der Spiegel ſtatt der ſphäriſchen Krümmung die einer Parabel: ſo ſchneiden alle zurückgeworfenen Strahlen einander genau in einem und demſelben Puncte, welches eine Folge der ſchon bey einer frühern Gelegenheit angeführten Eigenſchaft der Parabel iſt (§. 616. 3.). Übrigens iſt die erwähnte Undeutlichkeit unbeträchtlich, wenn die Einfallspuncte der einzelnen aus demſelben ſtrahlenden Puncte ankommenden Strahlen von dem Einfallspuncte des Hauptſtrahles (§. 751.) nur wenig (höchſtens nur einige Grade der Spiegelkrümmung) entfernt ſind, weil ein kleiner Theil einer ſphäriſchen Krümmung von einer paraboliſchen beynahe nicht abweicht. Man bedient ſich eben deßwegen zu Hohlſpiegeln nur kleiner Abſchnitte einer hohlen Kugel.

Aus dem oben angegebenen Grunde wird das Bild eines ſtrahlenden Punctes s (Zeichn. 199.) auch undeutlich, wenn dieſer Punct zu

weit von der Hauptachſe mn entfernt iſt, denn nun fallen mehrere von ihm ausgehenden, den Spiegel erreichenden Strahlen zu weit von dem Hauptſtrahle sa auf den Spiegel, und ſchneiden nach der Zurückwerfung dieſen und gegenſeitig einander in verſchiedenen Puncten. Man kann ſich an die aus verſchiedenen Puncten des Durchſchnittes eines Hohlſpiegels zurückgeworfenen Strahlen eine krumme Linie ſo gelegt vorſtellen, daß jene Strahlen die Berührungslinien für dieſe Krumme ſind, welcher man den Nahmen einer Brennlinie (katakauſtiſchen Linie) gegeben hat. Eine ſolche iſt in der Z. 200. die Linie lmno. Begreiflicher Weiſe gibt es eine für jeden Durchſchnitt des Spiegels. Um die Brennlinie mittelſt eines Verſuches ſichtbar darzuſtellen dient ein Cylinderſpiegel, d. i. ein hohler Halbcylinder (etwa aus wohlpolirtem Weißblech). Man ſtellt ihn vertical auf einen Bogen weißen Papiers und hält die Flamme einer kleinen Lichtkerze ihm gegenüber; es erſcheint nun auf dem Papiere durch Zurückſtrahlung ein beleuchteter Raum, der die Figur der erwähnten Linie hat. Je mehr man die Kerze dem Spiegel nähert: deſto mehr entfernt ſich die Spitze der Brennlinie von dem Spiegel. Setzt man das Lichtchen in den Mittelpunct der Krümmung des Cylinders: ſo verſchwindet alle Krümmung der Beleuchtung; ſetzt man das Licht noch näher, ſo entfernt ſich die Spitze der Brennlinie über den Mittelpunct der Krümmung hinaus, und immer mehr, je mehr die Flamme der ſpiegelnden Fläche genähert wird.

Übrigens, auch weggedacht die Abweichung wegen der Kugelgeſtalt, muß das Bild eines Gegenſtandes, welcher mit dem Spiegel nicht eine concentriſche Oberfläche hat, ſchon darum etwas verzerrt erſcheinen, weil die Abſtände der einzelnen Puncte des Objectes vom Spiegel ungleich ſind.

§. 755. Convexe Spiegel. Von dieſen iſt Folgendes zu merken:

I. Zurückwerfung der mit der Hauptachſe parallel auffallenden Strahlen. Sie werden ſo zurückgeworfen, daß ſie mit der Achſe divergiren, daß ſie alſo, wenn ſie rückwärts verlängert werden, die Achſe hinter dem Spiegel ſchneiden. Hat der Spiegel nur einige Grade: ſo kann man ohne Fehler behaupten, daß alle Strahlen, die mit der Achſe parallel auffallen, ſo zurückgeworfen werden, daß ſie aus einem und demſelben hinter dem Spiegel liegenden Puncte dieſer Achſe

auszugehen ſcheinen. Dieſer Punct heißt der Zerſtreuungspunct oder der negative Brennpunct des Spiegels. So z. B. wenn auf den Spiegel m n (Zeichn. 201.) der Achſenſtrahl d e fällt: ſo wird er in ſich ſelbſt zurückgeworfen. Der Strahl a b dagegen geht in der Richtung b h zurück, indem g b das Einfallsloth iſt. Der zurückgeworfene Strahl b h ſcheint mit dem Achſenſtrahle e d aus dem Puncte f zu kommen, und dasſelbe gilt auch von andern parallel aufgefallenen Strahlen.

Wenn der Bogen des Spiegels b g (Zeichn. 202.) mehrere Grade hat: ſo iſt dieſes immer weniger wahr; je weiter nähmlich ein Strahl von der Achſe auffällt, deſto ſchiefer fällt er auf, deſto divergenter iſt er nach der Zurückwerfung und deſto näher am Spiegel ſchneidet ſeine Verlängerung die Achſe, wie man das in derſelben Zeichnung an den Strahlen d c und f g ſehen kann. Die Puncte, worin ſolche Strahlen rückwärts verlängert einander ſchneiden, bilden ebenfalls, wie die beym Hohlſpiegel, eine Brennlinie (§. 754. Zuſ.).

§. 756. II. Zurückwerfung der aus einem und demſelben Puncte auffallenden Strahlen und dadurch erzeugte Bilder. Der Convex-Spiegel begünſtiget, wie man ſieht, die Divergenz (§. 755.) Strahlen demnach, die aus irgend einem ſtrahlenden Puncte auf einen ſolchen Spiegel fallen, werden nach der Zurückwerfung noch mehr divergent. Iſt dieſer Punct ſehr weit entfernt: ſo ſcheinen ſie nach der Zurückwerfung aus dem Brennpuncte auszugehen. Je näher der ſtrahlende Punct dem Spiegel iſt, deſto ſtärker iſt die Divergenz der auf denſelben Theil des Spiegels fallenden Strahlen; ſie divergiren demnach auch nach der Zurückwerfung ſtärker. Ihr Zerſtreuungspunct iſt mithin dem Spiegel deſto näher, je mehr der ſtrahlende Punct dem Spiegel ſich nähert. — Man findet übrigens den Ort des Bildes von einem jeden ſtrahlenden Puncte und mithin auch von einem ganzen Objecte in dem converen Spiegel nach derſelben Methode wie in dem concaven (§. 753.). Es erſcheint dieſes Bild immer hinter dem Spiegel, es iſt immer aufrecht und immer verkleinert, und zwar deſto mehr verkleinert, je mehr das Object von dem Spiegel entfernt iſt. Für eine beſtimmte Entfernung des Objectes iſt das Bild

deſto kleiner, je kleiner der Durchmeſſer der Spiegelkrümmung iſt. So z. B. ſind die Bilder in dem ſpiegelnden Kügelchen eines Thermometers ſehr klein.

Verzeichnungsweiſe zur Beſtimmung der Bilder. Iſt a (Zeichn. 203.) der ſtrahlende Punct: ſo erſcheinet ſein Bild in α; denn der Strahl ab, der verlängert durch c gehen würde, auf den Spiegel alſo ſenkrecht iſt, wird in ſich ſelbſt zurückgeworfen; der Strahl ad geht nach der Zurückſtrahlung in der Richtung df, denn edc iſt ſein Einfallsloth. Beyde Strahlen und daher auch alle dazwiſchen liegenden ſcheinen aus dem Puncte α auszugehen. So findet man auch die Lage und Größe des Bildes von einem ganzen Objecte, z. B. von dem Objecte ab in der Zeichn. 204. Der Ort des Bildes vom Puncte a iſt, wie man ſieht, in α, der Ort des Punctes b in β, der Ort des Bildes eines jeden zwiſchen a und b liegenden Punctes zwiſchen α und β; das Bild des Objectes iſt daher αβ, es iſt aufrecht, verkleinert, und erſcheint hinter dem Spiegel. —

Übrigens iſt das Bild von allen Objecten, die mit dem Spiegel keine ähnliche Krümmung haben, mehr oder weniger verzogen. Bedeutend z. B. iſt die Verzerrung an dem Geſichte eines Menſchen, der ſich in dieſem Spiegel ſieht, indem die Convexität des Geſichtes der Convexität des Spiegels entgegen ſteht. Weit geringer iſt ſie in einem Hohlſpiegel, weil die convexe Oberfläche des Geſichtes mit der concaven des Spiegels dem Parallelismus oder der Concentricität einiger Maßen ſich nähert.

§. 757. Spiegel von gemiſchter Geſtalt. — Da bey den cylindriſchen und kegelförmigen ſpiegelnden Flächen die eine Dimenſion gerade, die andere gekrümmt (nähmlich concav oder convex) iſt: ſo wirken ſie nothwendiger Weiſe nach der einen Richtung wie ebene Spiegel, nach der andern wie concave oder convexe. Es werden mithin die Bilder nach der einen Richtung den Objecten an Größe gleich, nach der andern Richtung aber größer oder kleiner als die Objecte, und demnach mehr oder weniger verzerrt ſeyn.

Es laſſen ſich dagegen verzerrte Figuren ſo zeichnen, daß ſie durch dieſe Spiegel für das Auge gehörig erſcheinen. Man nennet dergleichen Zeichnungen die katoptriſchen Zerrbilder oder Anamorphoſen.

Mit den coniſchen Spiegeln haben einige Ähnlichkeit die Pyramidenſpiegel. Man hat ebenfalls verzerrte Zeichnungen, welche ein regelmäßiges Bild geben, wenn man eine dergleichen ſpiegelnde Pyramide auf ſo eine Zeichnung ſtellt, und von oben in der Richtung der Achſe der Pyramide auf die ſich berührenden Spiegelflächen derſelben hinſieht. —

Ein hohler, inwendig wohl polirter Kegel kann dazu dienen, parallele Strahlen, die bey der weitern Öffnung einfallen, durch Zurückwerfung zu vereinigen; er kann demnach als eine Art Brennſpiegel dienen. Umgekehrt werden die meiſten Strahlen einer Lichtflamme, die an der engern Öffnung angebracht wird, durch Zurückwerfung parallel, und er kann auch als Leuchtrohr (bey Straßenlampen, Leuchtthürmen ꝛc.) dienen. Man ſieht, er hat im erſtern Falle eine Ähnlichkeit mit einem coniſchen Hörrohre, im letztern mit einem coniſchen Sprachrohre (§. 615.).

## Analytiſche Betrachtung der durch Spiegel bewirkten Erſcheinungen.

§. 758. Die bisherige Betrachtung des Ganges der Lichtſtrahlen gibt uns den phyſiſchen Grund für jede der angegebenen Erſcheinungen der Spiegelung. Für den praktiſchen Gebrauch iſt aber dieſe Methode zu umſtändlich; auch iſt es ſchwierig auf dem Wege der Verzeichnung, diejenige Genauigkeit zu erhalten, deren man in der Anwendung oft ſo ſehr bedarf. Kürzer erreicht man dieſes Ziel auf dem Wege der Analyſis. Aus den bisherigen geometriſchen Conſtructionen hat man nähmlich algebraiſche Ausdrücke abgeleitet, welche alle hieher gehörigen Beſtimmungen enthalten. Die nöthigſten derſelben ſollen der Inhalt der folgenden Zuſätze ſeyn.

Wir wollen hier I. diejenigen Größen, welche eine wechſelſeitige Beziehung auf einander haben, in eine Gleichung bringen; II. aus der Grundgleichung finden, in welcher Entfernung vom Spiegel die aus einem Puncte der Hauptachſe auf den Spiegel fallenden Strahlen ſich nach ihrer Reflexion vereinigen, mag der Spiegel von was immer für einer Art ſeyn; III. denſelben Vereinigungspunct auch für jeden ſolchen Fall aufſuchen, bey dem der ſtrahlende Punct außer der Hauptachſe liegt; IV. dann für das Bild eines ganzen Objectes die Entfernung desſelben, ſeine Lage und ſeine Größe beſtimmen.

I. Die auf einander Beziehung habenden Größen ſind: r der Krümmungshalbmeſſer des Spiegels, d die Entfernung des ſtrahlenden Punctes von dem Spiegel, δ die Entfernung des Vereinigungspunctes der zurückgeworfenen Strahlen, oder die Bildweite. Um dieſe Beziehungen aufzuſuchen, diene die Zeichn. 205., wo m n den Durchſchnitt des Spiegels bezeichnet, c den Mittelpunct der Krümmung, s den leuchtenden Punct in der Hauptachſe A A′; mithin s A den Achſenſtrahl, der in ſich ſelbſt zurückgeworfen wird, s a einen andern Strahl, der nach der Zurückwerfung in der Richtung a i mit dem Einfallsloth a c den Winkel i a c = s a c macht, alſo die Achſe in i ſchneidet. Hier haben wir ein Dreyeck s a i, deſſen Winkel bey a durch die Linie a c halbirt iſt. Nun erweiſt man in der Geometrie, daß, wenn man eine derley Halbirungslinie eines Winkels in einem Dreyecke ſo verlängert, bis die dem Winkel gegenüber liegende Seite geſchnitten wird, die Abſchnitte der letztgenannten Seite ſich zu einander ſo verhalten, wie die ihnen anliegenden Seiten. Es verhält ſich nähmlich a s zu a i, wie c s zu c i. Iſt nun a s der Achſe unendlich nahe: ſo iſt es auch die Linie a i, und man kann dann ohne Rechnungsfehler A s ſtatt a s ſetzen, und eben ſo A i ſtatt a i. Auf dieſe Art verwandelt ſich obige Proportion in folgende: $As : Ai = cs : ci$. Es iſt aber A s die Entfernung des leuchtenden Punctes, alſo = d; A i die Entfernung des Vereinigungspunctes, alſo = δ; A c der Halbmeſſer der Krümmung, alſo = r; ferner iſt $cs = As - Ac$, alſo $= d - r$; $ic = Ac - Ai$, alſo $r - \delta$. Wenn man nun in der zuletzt erwähnten Proportion die Werthe ſubſtituirt, ſo ererhält man $d : \delta = d - r : r - \delta$. Daraus findet ſich nun $dr - d\delta = d\delta - r\delta$, alſo $dr = 2d\delta - r\delta = \delta(2d - r)$ und demnach $\delta = \frac{dr}{2d - r}$. Man drückt dieſes auch durch die Gleichung $\frac{1}{\delta} = \frac{2}{r} - \frac{1}{d}$ aus; denn ſie iſt mit der vorigen gleich bedeutend, indem $\frac{2}{r} - \frac{1}{d} = \frac{2d - r}{dr}$, und dieſer Bruch, umgekehrt, gleich dem umgekehrten Bruche $\frac{1}{\delta}$ iſt, alſo $\delta = \frac{dr}{2d - r}$.

II. Aus der eben gefundenen Gleichung findet ſich auch die Brennweite, die wir f nennen wollen. Denn ſollen die Strahlen s A und s a als parallel angeſehen werden: ſo muß die Entfernung des ſtrahlenden Punctes s vom Spiegel bezugsweiſe unendlich groß, oder $d = \infty$ ſeyn. Mithin iſt $\delta = \frac{\infty r}{2\infty - r} = \frac{r}{2} = f$. Iſt aber

$f = \frac{1}{2} r$, ſo kann man überall $2f$ ſtatt $r$ ſetzen. Mithin kann die allgemeine Formel $\delta = \frac{dr}{2d - r}$ auch ſo heißen $\delta = \frac{2df}{2d - 2f} = \frac{df}{d - f}$, d. h. man kann auch $\delta$ finden, wenn ſtatt des Krümmungshalbmeſſers die Brennweite des Spiegels gegeben iſt. Wir werden uns künftig immer der erſten Formel bedienen. Jeder Leſer kann nach Belieben die zweyte ſubſtituiren, und wird ſo zu denſelben Reſultaten gelangen. Man kann übrigens, um die Beziehung der drey Größen $\delta$, $d$ und $f$ zu überſehen, auch folgende Gleichung aufſtellen: $\frac{1}{\delta} = \frac{1}{f} - \frac{1}{d}$. Sie iſt mit der in I. angegebenen $\frac{1}{\delta} = \frac{2}{r} - \frac{1}{d}$ offenbar dieſelbe, indem $f = \frac{r}{2}$, mithin $\frac{1}{f} = \frac{2}{r}$.

III. Aus einer oder der andern Formel läßt ſich nun die **Bildweite** $\delta$ für jeden gegebenen Fall beſtimmen, und zwar bey **allen** Spiegelgattungen. Nähmlich:

A. **Bey einem Hohlſpiegel.**

1. Der ſtrahlende Punct ſey in einer unendlichen Entfernung. Dieſer Fall iſt ſchon in II. erörtert, und wird nur der Vollſtändigkeit wegen hier nochmahls erwähnt. Wir fanden $\delta = f = \frac{1}{2} r$.

2. Der ſtrahlende Punct iſt im Brennpuncte, mithin $d = f = \frac{1}{2} r$. Dann iſt $\delta = \frac{dr}{2d - r} = \frac{\frac{1}{2} r^2}{r - r} = \frac{\frac{1}{2} r^2}{0} = \infty$, d. h. das Bild erſcheint in einer unendlichen Entfernung, oder (was daſſelbe iſt) nirgends.

3. Der ſtrahlende Punct iſt dem Spiegel näher als der Brennpunct, oder $d$ iſt kleiner als $f$, mithin kleiner als $\frac{1}{2} r$; dann iſt $2d$ kleiner als $r$. Der Nenner $2d - r$ hat alſo einen negativen Werth, mithin iſt der Werth von $\frac{dr}{2d - r}$ auch negativ, d. h. das Bild erſcheinet hinter dem Spiegel. Geſetzt es ſey $d = 3$ Zoll, $r = 12$ Zoll, dann iſt $\delta = \frac{3 \times 12}{6 - 12} = -6$, oder das Bild erſcheint hinter dem Spiegel in einer Entfernung von 6 Zoll.

4. Der ſtrahlende Punct ſey entfernter vom Spiegel als der Brennpunct. Unter dieſem Falle ſind wieder drey Fälle enthalten, nähmlich

a. Es iſt $d < r$. Dann iſt $\delta$ größer als $r$. Denn der Nenner $2d - r$ iſt offenbar hier kleiner als $2d - d$, mithin kleiner als $d$, mithin iſt der Werth von $\frac{dr}{2d - r}$ größer als der von $\frac{dr}{d}$ wäre,

mithin größer als r, alſo um ſo mehr größer als d. Geſetzt, r ſey $= 12$ Zoll, $d = 8$ Zoll, ſo iſt $\delta = \frac{8 \times 12}{16 - 12} = \frac{96}{4} = 24$ Zoll.

b. Es iſt $d = r$, d. h. der ſtrahlende Punct iſt im Mittelpuncte der Krümmung. Dann iſt $\delta = \frac{d\,r}{2\,d - r} = \frac{r^2}{r} = r$, oder $= \frac{d^2}{d} = d$, d. h. die reflectirten Strahlen ſchneiden ſich in dem Puncte, aus dem ſie ausgegangen ſind.

c. Es iſt $d > r$, dann iſt $\delta$ kleiner als r, mithin auch kleiner als d. Denn hier iſt der Nenner $2\,d - r$ offenbar größer als $2\,d - d$, mithin größer als d. Der Werth des Bruches $\frac{d\,r}{2\,d - r}$ iſt alſo kleiner als $\frac{dr}{d} = r$, alſo um ſo mehr kleiner als d. — Geſetzt es ſey $r = 12$ Zoll, $d = 24$ Zoll; dann iſt $\delta = \frac{24 \times 12}{48 - 12} = 8$ Zoll.

B. Anwendung auf den Converſpiegel. Da hier der Mittelpunct der Krümmung hinter dem Spiegel liegt: ſo muß r negativ geſetzt zu werden. Dann verwandelt ſich der für den Concavſpiegel gefundene Werth von $\delta = \frac{d\,r}{2\,d - r}$ in den von $\frac{d \times - r}{2\,d - (-r)}$ $= \frac{-d\,r}{2\,d + r}$, und der Ausdruck $\frac{1}{\delta} = \frac{1}{f} - \frac{1}{d}$, in den von $\frac{1}{\delta} = -\frac{1}{f} - \frac{1}{d} = -\left(\frac{1}{f} + \frac{1}{d}\right)$, der Ausdruck $\frac{df}{d - f}$ in $\frac{-df}{d + f}$. Für die einzelnen Fälle verfährt man, wie bey dem Hohlſpiegel. Es ergibt ſich aus dem bloßen Anſehen der Formel, daß $\delta$ immer einen negativen Werth habe, mithin das Bild immer hinter dem Spiegel erſcheine, mag d wie immer groß oder klein gegen r genommen werden. — Je größer übrigens d oder r iſt, deſto größer iſt der Zähler $d\,r$, auch größer der Werth des Bruches $\frac{d\,r}{2\,d + r}$, und alſo auch größer $\delta$. Um hier gleichfalls ein Beyſpiel anzuführen (und zwar ein ähnliches mit dem für den Hohlſpiegel in Nr. 4. c.), ſey $r = 12$ Zoll, $d = 24$ Zoll; dann iſt $\delta = -\frac{24 \times 12}{48 + 12} = -\frac{288}{60} = -4{,}8$ Zoll.

C. Anwendung auf den ebenen Spiegel. Dieſer läßt ſich betrachten als ein Hohlſpiegel, deſſen Krümmungshalbmeſſer unendlich groß, $r = \infty$ iſt. Dann iſt $\delta = \frac{d\,\infty}{2\,d - \infty} = \frac{\infty\,d}{-\infty} = -d$,

d. h. das Bild iſt ſo weit vom Spiegel entfernt als der leuchtende Punct; ſeine Entfernung iſt aber negativ, es erſcheint hinter dem Spiegel, wie wir dieſes bereits in §. 747. gefunden haben. Eben ſo gut läßt ſich der ebene Spiegel als ein Convexſpiegel betrachten, bey dem $-r = \infty$ iſt, auch hier iſt dann $\delta = \frac{-d\infty}{2d + \infty} = \frac{-d\infty}{\infty} = -d.$

IV. Wir haben bisher immer den ſtrahlenden Punct in der Hauptachſe gedacht. Iſt er außer derſelben, z. B. in b (Z. 206.) ſtatt in a: ſo iſt die aus b auf den Spiegel gezogene Linie b $\mu$, deren Richtung durch den Mittelpunct der Krümmung geht, der Achſenſtrahl; und alle mit ihm aus demſelben Puncte b auffallenden Strahlen werden ſich nach der Reflexion etwa in $\beta$ ſchneiden und dort ein Bild geben, deſſen Entfernung $\beta$n vom Spiegel gleich iſt der Entfernung a m. Es gilt mithin auch hier die bereits bekannte Formel.

V. Aus III. und IV. läßt ſich nun auch für das Bild eines ganzen Objectes beſtimmen: 1) die Entfernung desſelben, 2) ſeine Lage, 3) ſeine Größe. Die Entfernung iſt dieſelbe, wie die eines einzelnen Punctes, bedarf mithin keiner weiteren Erörterung. Nur muß bemerkt werden, daß der Gegenſtand eigentlich die Krümmung des Spiegels haben müßte, damit des Bildes Theile vollkommen dieſelben Verhältniſſe erhalten. — Die Lage des Bildes hängt davon ab, ob es eine phyſiſches (vor dem Spiegel erſcheinendes) oder ein ideelles (hinter dem Spiegel erſcheinendes) iſt. Das erſte iſt nothwendiger Weiſe immer geſtürzt, das zweyte aufrecht. Das erſte findet Statt, wenn d größer, das zweyte, wenn d kleiner als f iſt. — Die Größe des Bildes endlich hängt ab von dem Verhältniſſe der Größen d und $\delta$. Wie nähmlich $\delta$ gegen d zunimmt oder abnimmt, wächſt die Größe des Bildes oder nimmt ab. Bild und Gegenſtand haben mithin dieſelbe Größe, wenn $\delta = d$ wird, wenn alſo $d = r = 2f$ iſt.

### Hypothetiſche Anſichten über die Zurückſtrahlung.

§. 759. 1) Nach dem Emanationsſyſteme erklärt man die Zurückſtrahlung aus einer Zurückſtoßung, welche der undurchſichtige Körper gegen das ankommende Lichttheilchen bis auf eine (doch äußerſt geringe Entfernung) äußert, und es zwingt, vor der wirklichen Berührung ſeiner Oberfläche zurückzugehen. Man muß die Wirkungsſphäre dieſer Abſtoßung wenigſtens groß genug denken, um die Unebenheiten zu übertreffen, welche auch die glatteſte Oberfläche noch immer für die feinen

Lichttheilchen hätte. Daher wird auch das Licht von Körpern mit rauhen Flächen (nach §. 742.) zerſtreut.

2) Nach dem Vibrationsſyſteme wird das Licht auf ähnliche Weiſe zurückgeworfen, wie der Schall (§. 613.). Auch beym Lichte muß man die Zurückwerfung der Lichtwelle von der Zurückwerfung der Äthertheilchen wohl unterſcheiden.

Kurzgefaßte Erörterungen:

In Beziehung auf 1. — Es ſey (Z. 207.) rs die zurückwerfende Fläche, und die Sphäre der Repulſionswirkungen reiche bis mn. Es komme ein Lichttheilchen in der Richtung ab ſenkrecht auf rs. Wie es in die Repulſionsſphäre tritt, ſo verliert es immer mehr an Geſchwindigkeit, bis dieſe in einer gewiſſen Entfernung von rs null wird. Die Repulſion von rs dauert aber fort, eben ſo die Attraction des Mittels über mn. Dadurch wird eine Bewegung des Lichttheilchens in entgegengeſetzter Richtung hervorgebracht, und durch immer erneuerte Wirkung die Geſchwindigkeit auf dieſelbe Art vermehrt, wie ſie früher iſt vermindert worden. Tritt nun das Lichttheilchen außer die Gränze mn, ſo geht es mit derſelben Geſchwindigkeit in der Richtung ba zurück, mit welcher es angekommen war. — Kommt aber das Lichttheilchen in der Richtung ct, nähmlich ſchief auf mn und rs, ſo muß man zur Erleichterung der Vorſtellung die Geſchwindigkeit in der Richtung tu, mittelſt der es ſich der Fläche rs nähern will, ſo betrachten, als ob ſie aus zwey Bewegungen, nähmlich aus der in der Richtung td und der in der Richtung te zuſammengeſetzt wäre. Die Geſchwindigkeit in der Richtung td wird durch die Repulſion immer kleiner und endlich null, wie im vorigen Falle. Die Bewegung in der parallelen Richtung te bleibt unverändert; das Lichttheilchen muß demnach eine krumme Linie to beſchreiben; von o aus nähmlich würde es nach dem Beharrungsgeſetze in der Tangente oo′ fortgehen, allein die Repulſion wirkt fort, und ſucht das Lichttheilchen von der Fläche rs mit immer größerer Geſchwindigkeit wegzutreiben, es muß demnach wieder eine krumme Linie beſchreiben; und da die Geſchwindigkeit in entgegengeſetzter Richtung genau ſo zunehmen muß, wie ſie zuvor abgenommen hat, ſo muß auch die Krümmung der Linie bey dem Zurückgange dieſelbe ſeyn, wie ſie bey dem Hingange war, alſo ot′ = to. Iſt nun aber das Lichttheilchen außer die Reflexionsgränze getreten, ſo geht es nach der Tangente t′u gerade fort. Verlängert man ferner beyde Geraden ct und ut′, ſo ſchneiden ſie ſich nothwendiger Weiſe an der Fläche rs, und machen mit derſelben gleiche Neigungswinkel und demnach auch gleiche Winkel mit dem Einfallsloth gf.

In Beziehung auf 2. — Es ſey auch hier (Z. 208.) r s die zurückwerfende Fläche, a ein leuchtender Punct, b der zu betrachtende vom Lichte getroffene Punct, mithin b a der Theil der Lichtwelle, welcher unter b die Geſtalt b t hätte, wenn die Fläche r s nicht vorhanden wäre. Das Ätherſtheilchen, welches die Fläche in b trifft, wird nach den Geſetzen des Stoßes in der Richtung b d zurückgeworfen, ſo daß Einfallswinkel und Reflexionswinkel gleich werden. Dadurch entſteht eine Welle, deren Mittelpunct b iſt. Denken wir uns nun dieſe Welle bis e f fortgeſchritten, ſo weit nähmlich, daß b d = a b geſetzt werde könne. — Das eben nun Geſagte gilt auch von den getroffenen Puncten g, h u. ſ. w., welche gleichfalls zu Mittelpuncten neuer Wellen werden. Es frägt ſich, wie weit werden dieſe Wellen fortgeſchritten ſeyn, während die von b aus bis d fortgeſchritten iſt? Offenbar müſſen wir, um die Antwort zu haben, a b + b d = a g + g i ſetzen, eben ſo auch = a h + h k u. ſ. w. Dieſe neuen Wellen ſchneiden einander, und bilden ſo die Geſammtwelle e w, deren Mittelpunct in α iſt, ſo daß zugleich α n = a n. Denn alsdann iſt auch α b + b d = α g + g i = α h + h k u. ſ. w. Und mag ſich nun das Auge an was immer für einer Stelle der Welle e w befinden, ſo bekommt es den Eindruck, als ob er aus dem Puncte α käme, wie auch die Erfahrung es lehrt (§. 747.). — Man ſieht, daß man hiebey der Hülfshypotheſe von §. 722. Zuſ. 2. nicht bedarf.

## C. Brechung des Lichtes.

§. 760. Daß die Bewegung des Lichtes in demſelben Mittel nach geraden Linien vor ſich gehe, iſt ſchon geſagt worden. Auch wenn das Licht aus einem Mittel in das andere, z. B. aus Luft in Waſſer übergeht, und auf die Scheidungsfläche beyder Mittel ſenkrecht auffällt, verändert es ſeine Richtung nicht. Es ändert dieſelbe aber, ſobald es ſchief auffällt. Dieſe Änderung der Richtung heißt Brechung.

Leichte Verſuche darüber. Man laſſe in ein leeres, aus einer undurchſichtigen Materie verfertigtes Gefäß m n o p (Z. 209.) Licht etwas ſchief einfallen; es wird die dem Lichte entgegengeſetzte Wand einen Schatten auf den Boden werfen. Geſetzt, das Licht komme aus der Gegend s und der Schatten reiche bis a. Man mache hier ein Zeichen, und fülle das Gefäß, ohne es zu bewegen, mit Waſſer. Der Schatten wird nun verkürzt erſcheinen, und etwa nur bis b gehen. Offenbar haben die Lichtſtrahlen, die früher die Richtung r a hatten, nun die Richtung r b angenommen.

Oder man lege in ein ähnliches undurchſichtiges leeres Gefäß g (Zeichn. 210.) irgend einen kleinen Körper m, z. B. eine Münze, und gehe ſo weit zurück, bis man die Münze nicht mehr ſieht. Nun laſſe man von jemanden Waſſer in das Gefäß gießen; ſogleich wird die Münze ſichtbar, und der ganze Boden des Gefäßes ſcheint ſich gehoben zu haben. Der äußerſte Strahl, der von m noch in die Gegend des Auges a kommen kann, iſt m b r, allein dieſer geht vor dem Auge vorbey, ſo lange er ſeine Richtung m b r behält; er muß dieſe Richtung demnach im Puncte b geändert haben.

§. 761. Um über die Erſcheinungen der Brechung ſich bequem ausdrücken zu können, denkt man ſich durch beyde durchſichtigen Mittel eine gerade Linie gezogen, welche durch den Einfallspunct geht, und auf die Scheidungsfläche beyder Materien ſenkrecht iſt. Man nennet ſie, wie die auf dem Einfallspuncte eines Spiegels, das Einfallsloth. — Es befinde ſich z. B. über m n (Zeichn. 211.) Luft, unter m n Waſſer: ſo iſt m n der Durchſchnitt der Scheidungsfläche. Für den Lichtſtrahl s t iſt t der Einfallspunct, die Senkrechte p q das Einfallsloth, und der Winkel s t p der Einfallswinkel. Geſetzt nun, das Licht nehme in dem zweyten Mittel den Weg t u, ſo iſt der Winkel q t u der Brechungswinkel. Da in dem angegebenen Falle der neue Weg des Lichtes dem Einfallslothe näher liegt, als wenn es in der Richtung t t′ fortginge: ſo ſagt man, es werde hier zum Einfallslothe gebrochen. Manchmahl aber macht der neue Weg des Lichtes mit dem Einfallslothe einen größeren Winkel, und dann ſagt man, der Strahl werde vom Einfallslothe gebrochen. Dieß wäre z. B. der Fall, wenn das Licht in dem zweyten Mittel den Weg t v beſchriebe (Z. 212.). Der Winkel, den der gebrochene Strahl mit der Verlängerung des einfallenden bildet, nähmlich der Winkel w (Z. 211. u. 212.) heißt der Ablenkungswinkel (indem er die Größe der Ablenkung des Strahles angibt); man nennet ihn auch den gebrochenen Winkel. Man ſieht, daß bey der Brechung zum Einfallslothe der Einfallswinkel gleich ſey der Summe des Brechungs- und Ablenkungswinkels, oder $e = b + w$ (Zeichn. 211.), bey der Brechung vom Einfallslothe dagegen $b = e + w$ (Zeichn. 212.), mithin $e = b - w$.

Bey der Brechung des Lichtes hat man überdieß oft nöthig, von dem Sinus des Einfalls- oder Brechungswinkels zu ſprechen. Zu dieſem Ende beſchreibe man aus dem Einfalls-puncte t (Zeichn. 213.) mit einem beliebigen Halbmeſſer einen Kreis. Iſt nun st der einfallende, tu der gebrochene Strahl, und pq das Einfallsloth: ſo iſt ss′ = t′t″ der Sinus des Einfallswinkels, und uu′ der Sinus des Brechungswinkels. Jenen nennt man wohl auch, der Kürze wegen, den Einfallsſinus, dieſen den Brechungsſinus.

§. 762. Die aus der Erfahrung abgezogenen Geſetze der Brechung des Lichtes ſind folgende:

1) Wenn das Licht aus einem dünneren Mittel in ein dichteres von derſelben materiellen Beſchaffenheit und demſelben Aggregatzuſtande ſchief übergeht: ſo wird es zum Einfallslothe gebrochen, vom Einfallslothe dagegen beym Übergange in ein dünneres Mittel. Hat aber das zweyte Mittel eine andere materielle Beſchaffenheit: ſo hat auch dieſe einen Einfluß auf die Brechung; indeſſen wird der Strahl bey ſeinem Übergange in ein dichteres Mittel meiſtens zum Einfallslothe, im Gegentheil vom Einfallslothe gebrochen. So z. B. geſchieht die Brechung zum Einfallslothe, wenn das Licht aus Luft in Waſſer oder in Glas tritt; vom Einfallslothe, wenn es aus Glas oder Waſſer in Luft übergeht. Denkt man ſich einen Lichtſtrahl aus dem leeren Raume auf was immer für einen durchſichtigen Körper auffallend: ſo muß er immer zum Einfallslothe gebrochen werden. Man nennet dasjenige aus zweyen Mitteln das ſtärker brechende, in welchem das Licht zum Einfallslothe gebrochen wird.

2) Der einfallende Strahl, das Einfallsloth und der gebrochene Strahl liegen in einer und derſelben Ebene (Brechungsebene genannt), welche auf der Scheidungsfläche beyder durchſichtigen Materien oder auf der brechenden Ebene ſenkrecht iſt. So ſind (Zeichn. 211.) st, tu, pq in einer und derſelben Ebene, welche ſenkrecht iſt auf mn.

3) Bey zwey beſtimmten durchſichtigen Materien gibt es ein gewiſſes Verhältniß zwiſchen dem Sinus des Einfallswinkels und dem Sinus des Brechungswinkels, mag übrigens das Licht unter was immer für einem Winkel auf die Scheidungsfläche auffallen; man nennet es das Brechungs-Verhältniß. Wenn z. B. das Licht aus der Luft in gemeines Glas geht: ſo verhält ſich der Sinus des Einfallswinkels zum Sinus des Brechungswinkels nahe wie 3 zu 2, oder es iſt in dieſem Falle (Zeichn. 213.) $ss' : uu' = 3 : 2$, mag übrigens der Winkel stp groß oder klein ſeyn. Geht das Licht aus Luft in Waſſer: ſo iſt das Brechungs-Verhältniß $= 4 : 3$. Allgemein wird dieſes ſo ausgedrückt: $Sin.\, e : sin.\, b = n : 1$, wo e den Einfallswinkel bezeichnet, b den Brechungswinkel, n eine gewiſſe Zahl, die ſich zur Einheit ſo verhält, wie der erſte Sinus zum zweyten. Dieſe Zahl n iſt daher $= \frac{sin.\, e}{sin.\, b}$; man nennet ſie den Brechungsexponenten. Angewendet auf die vorigen Beyſpiele iſt für Luft und Glas der Brechungsexponent $\frac{3}{2}$; für Luft und Waſſer $= \frac{4}{3}$.

4) Wenn das Licht in dem Falle, daß es aus einem ſtärker brechenden Mittel in ein ſchwächer brechendes (z. B. aus Glas oder Waſſer in Luft) übergehen ſoll, auf die Scheidungsfläche ſehr ſchief auffällt: ſo dringt es in das ſchwächer brechende Mittel gar nicht ein, ſondern wird zurückgeworfen, und befolgt dann das Geſetz der Zurückwerfung; es iſt nähmlich der Einfallswinkel gleich dem Zurückſtrahlungswinkel (§. 744.). Geſetzt, über mn (Zeichn. 214.) ſey Glas, unter mn aber Luft, und der Lichtſtrahl ac falle ſehr ſchief auf die Fläche mn, ſo wird er in der Richtung ce zurückgehen, und der Winkel acb wird gleich ſeyn dem Winkel bce.

Zuſatz in Beziehung auf 3. Da nach §. 761. Zuſ. bey der Brechung zum Einfallslothe $e = b + w$, bey der Brechung vom Einfallslothe $b = e + w$, oder $e = b - w$, ſo kann man für den erſten Fall auch n ausdrücken durch $\frac{sin.\, (b + w)}{sin.\, b}$, und für den zweyten Fall durch $\frac{sin.\, (b - w)}{sin.\, b}$, welches manchmahl bequem iſt.

Zuſatz zu 4. Genauer iſt der Ausdruck des Geſetzes 4. folgender: Die Brechung eines Strahles, der in ein ſchwächer brechendes Mittel eindringen will, verwandelt ſich in Zurückſtrahlung, wenn der Einfallswinkel ſo groß wird, daß der Brechungswinkel = 90° oder noch größer werden ſollte; denn dieſes iſt unmöglich, indem der gebrochene Strahl ſchon bey einem Brechungswinkel von 90 Graden parallel mit der Scheidungsfläche beyder Mittel gehen müßte. Mit andern Worten: die Brechung verwandelt ſich in Zurückſtrahlung, wenn der Sinus des Brechungswinkels ſo groß oder größer werden müßte, als der Sinus totus. Dieß iſt z. B. der Fall, wenn der Strahl aus gemeinem Glaſe in Luft unter einem Einfallswinkel treten ſoll, welcher größer iſt als 41° 49′. —

Hat man ein Gefäß (wie das in der Zeichn. 215.), deſſen zwey entgegengeſetzte Wände, in welchen Plangläſer eingefaßt ſind, unter beliebigen Winkeln gegen einander geneigt werden können: ſo läßt ſich leicht zeigen, wie das Licht, welches aus einem ſtärker brechenden Mittel in ein ſchwächer brechendes ſehr ſchief auffällt, ſtatt in das zweyte Mittel einzudringen, in das erſte zurückſtrahlt. Man gebe nähmlich zuerſt beyden durchſichtigen Wänden des mit Waſſer oder einer andern Flüſſigkeit gefüllten Gefäßes eine verticale Lage, laſſe dann Sonnenlicht mittelſt eines Spiegels horizontal ins Zimmer fallen, und fange die Strahlen mit der einen Wand des Gefäßes auf. Sie gehen, da ſie ſenkrecht auffallen, ungebrochen hindurch, ſowohl durch die erſte als durch die zweyte Wand, man kann ſie hinter der letztern mit einem weißen Papiere auffangen. Man gebe nun der zweyten Wand eine ſchiefe Lage, wie die in der Zeichn. 216.: ſogleich werden die durchs Waſſer an ſie gelangenden Strahlen a b, indem ſie in die Luft übergehen, vom Einfallslothe m n (etwa in der Richtung b c) gebrochen, und zwar immer mehr nach aufwärts, je ſchiefer die Lage der Wand iſt; immer wird zugleich ein Theil des Lichtes zurückſtrahlen. Bey einer gewiſſen Schiefe der Wand wird kaum noch etwas Licht durch die zweyte Fläche durchgehen; und wird der Winkel noch ſchiefer, ſo gehet nichts mehr hindurch, ſondern alles Licht ſtrahlt von p q zurück, und kann an der Tafel t aufgefangen werden. — Bey dieſen Brechungs- und Reflexionserſcheinungen zeigt ſich auch eine Farbenerſcheinung, welche aber hier noch nicht betrachtet werden kann. —

§. 763. Es iſt in practiſcher Beziehung oft wichtig zu wiſſen, wie ſtark das Licht beſonders in ſolchen Körpern gebrochen werde, deren man ſich (wie z. B. verſchiedener Glasgattungen) zur Ver-

fertigung optiſcher Inſtrumente bedient. Auch haben es die Phyſiker nicht verabſäumt, eine Menge durchſichtiger Körper in dieſer Beziehung zu unterſuchen. Der Anhang dieſes Werkes enthält Tabellen über die Reſultate von derley Unterſuchungen. Man bedient ſich zu dieſem Zwecke vorzüglich der Beobachtungen über die Brechung des Lichtes theils in prismatiſchen, theils in ſphäriſch geſchliffenen Körpern. Das dabey verwendete Verfahren kann aber erſt ſpäter gelehrt werden, nachdem früher gezeigt worden iſt, welche Einwirkung dieſe Körperformen auf den Gang der Lichtſtrahlen äußern.

In den erwähnten Tabellen wird das Brechungsvermögen der verſchiedenen Körper angegeben, und durch $n^2 - 1 = \frac{(sin.\ e)^2}{(sin\ b)^2} - 1$ ausgedrückt. Dieſer Ausdruck gründet ſich eigentlich auf die Erklärung der Brechung nach dem Emanationsſyſteme, kann indeſſen auch bey der Annahme der Vibrationshypotheſe gebraucht werden; welches beydes erſt gezeigt werden kann, nachdem wir dieſe Erklärungen werden gegeben haben. Hier ſoll nur einſtweilen durch ein Beyſpiel erläutert werden, wie man jenen Ausdruck $n^2 - 1$ zu verſtehen habe. Geſetzt es ſey, wenn das Licht aus dem leeren Raume in einen gewiſſen Körper tritt, der Einfallsſinus zum Brechungsſinus $= 3 : 2$; ſo iſt die Brechungskraft K dieſes Körpers $= \frac{3^2}{2^2} - 1 = \frac{5}{4}$. Für einem zweyten Körper ſey der Einfallsſinus zum Brechungsſinus $= 5 : 3$, mithin die Brechungskraft K′ $= \frac{5^2}{3^2} - 1 = \frac{14}{9}$. Alſo würde ſich verhalten $K : K' = \frac{5}{4} : \frac{14}{9} = 45 : 56 = 1 : 1{,}24$. —

Zu den intereſſanteſten Verſuchen über die Brechung gehören aus der neueren Zeit die von Biot, Arago und Brewſter. Aus ihnen ergibt ſich, daß unter andern Materien beſonders Waſſerſtoffgas eine ſehr ſtark brechende Kraft beſitze, und daß die Körper, unter deren Beſtandtheile der Waſſerſtoff gehört, das Licht ſtark brechen. Ferner hat ſich gefunden, daß die Brechungskraft der Körper, deren chemiſche Beſtandtheile bekannt ſind, nach der brechenden Kraft dieſer Beſtandtheile und nach dem Miſchungsverhältniſſe derſelben ſich richte, ſo daß aus der beobachteten brechenden Kraft eines ſolchen Körpers auf das Miſchungsverhältniß ſeiner Beſtandtheile ſich ſchließen laſſe. — Newton fand die brechende Kraft

verſchiedener Mittel ſehr nahe proportional ihrer Dichte. Aber er auch machte ſchon die Beobachtung, daß die brennbaren Körper das Licht ſtärker als im Verhältniſſe ihrer Dichte brechen, und vermuthete daher ſchon damahls aus der großen brechenden Kraft des Diamants die Brennbarkeit desſelben, welche erſt in den neuern Zeiten durch Verſuche iſt beſtätigt worden.

§. 764. Bey dem Übergange des Lichtes aus einem durchſichtigen Mittel in ein anderes gibt es, außer der hier betrachteten Brechung, noch einige begleitende Erſcheinungen, nähmlich: 1) Das Licht, welches aus einem durchſichtigen Mittel auf ein anderes auffällt, geht nie ganz in dieſes zweyte, immer wird ein Theil desſelben auch zurückgeworfen. Je ſchiefer es auffällt, deſto größer iſt die Menge des zurückgeworfenen. 2) Es gibt viele durchſichtige Körper, durch welche jeder Gegenſtand doppelt erſcheint. Die Strahlenbrechung, welche dieſe Erſcheinung bewirkt, nennet man die doppelte; von ihr wird eigens die Rede ſeyn. 3) Mit jeder Brechung iſt zugleich eine Farbenzerſtreuung verbunden, d. h. jeder Strahl (jedes begränzte Licht) erhält durch die Brechung eine Breite, die im Fortgange zunimmt. Wo er dann auffällt, zeigt ſich eine längliche Beleuchtung, welche an den zwey einander entgegengeſetzten Rändern gefärbt iſt, an dem einen roth, an dem andern violett. Auch von dieſer Erſcheinung wird an andern Orten ausführlich geſprochen werden.

### Erſcheinungen, wenn die brechende Fläche eben iſt, oder beynahe eben.

§. 765. Strahlen, welche auf eine ebene brechende Fläche parallel mit einander auffallen, wie z. B. die Strahlen ab, a′b′ (Zeichn. 217.), bleiben auch nach der Brechung nothwendiger Weiſe parallel; denn ſo viel der eine von ſeiner Richtung abgelenket wird, wird es auch der zweyte, der dritte u. ſ. w. Strahlen aber, welche aus einem und demſelben ſtrahlenden Puncte c (Zeichn. 218.), alſo divergirend auffallen (wie ca und cb), werden weniger divergirend, wenn das zweyte Mittel ein ſtärker brechendes iſt; denn die Einfalls-

Lothe d e, f g ſind unter einander parallel; und da jeder Strahl zu ſeinem Einfallslothe gebrochen wird, ſo nähern ſich alle dem Parallelismus, und ſcheinen aus einem weiter entfernten Puncte c′ aus zugehen. Offenbar hat das Gegentheil Statt bey Strahlen, welche aus einem Puncte a (Zeichn. 219.) auf eine ſchwächer brechende Fläche fallen, die gebrochenen Strahlen b h und c i ſcheinen nun aus k zu kommen, der Winkel bey k iſt aber größer als der bey c.

Wenn daher ein Körper unter Waſſer ſich befindet: ſo ſcheint er der Waſſeroberfläche näher zu ſeyn, als er iſt. Daraus erkläret ſich die ſcheinbare Erhebung der Münze und des ganzen Bodens des Gefäßes in dem Verſuche §. 760. Zuſ. — Daraus erklärt ſich, warum ein ins Waſſer ſchief gehaltener Stab an der Oberfläche des Waſſers gebrochen zu ſeyn ſcheint. Denn der Punct c (Zeichn 220.) eines ſolchen Stabes a b erſcheinet dem Auge in c, der Punct b aber höher als er iſt, etwa in b′; alle zwiſchen c und b liegenden Puncte erſcheinen zwiſchen c und b′, alſo der ganze eingetauchte Theil des Stabes ſo, als ob er die Lage c b′ hätte, und in c gebrochen wäre.

§. 766. Geht das Licht durch mehrere brechende Mittel von verſchieden brechender Kraft: ſo muß es begreiflicher Weiſe mehrmahls gebrochen werden. Geſetzt es lägen (wie in der Zeichn. 221.) mehrere Mittel über einander, wovon immer das untere das ſtärker brechende iſt, und ihre Scheidungsflächen ſeyen m n, p q, r s, t u: ſo muß ein ſchief auffallender Lichtſtrahl a b von jedem derſelben zum Einfallslothe gebrochen werden, ſein Gang wird dann die gebrochene Linie a b c d e f g ſeyn. Denkt man ſich äußerſt viele Schichten über einander von verſchieden brechender Kraft: ſo wird der Gang des Lichtes ſich einer krummen Linie nähern, und endlich wirklich krumm werden, wenn die brechende Kraft eines Mittels allmählich wächſt oder abnimmt. Dieſes iſt der Fall bey der atmoſphäriſchen Flüſſigkeit, deren Dichte gegen die Erde immer zunimmt, und welche daher das durch ſie gehende Licht immer ſtärker bricht. Kommt das Licht von einer kleinen Höhe herab, ſo iſt die Brechung für null anzuſehen; hat es aber einen großen

Theil der Atmoſphäre zu durchgehen, ſo iſt die Ablenkung des Lichtes von dem geradlinigen Wege nicht mehr ganz unbedeutend, um ſo weniger, wenn es, wie das aus den Weltkörpern zu uns gelangende Licht, die ganze Atmoſphäre durchgehen muß. Hieraus ergeben ſich verſchiedene Erſcheinungen; ſo z. B., daß die Sonne und andere Himmelskörper früher ſichtbar werden, als ſie eigentlich über den Horizont getreten ſind, dagegen noch ſichtbar ſind, nachdem ſie bey ihrem Untergange ſich bereits unter den Horizont begeben haben. — Wenn die Dichte der verſchiedenen Luftſchichten durch verſchiedene Erwärmung bedeutend verändert wird: ſo iſt ein neuer Umſtand vorhanden, durch welchen der Gang des Lichtes mittelſt der Brechung verändert werden muß. So erklärt ſich aus den Luftzügen verſchieden dichter Luft, warum Gegenſtände uns zitternd erſcheinen, wenn wir ſie durch Luftſchichten ſehen, unter welchen ſich erhitzte Körper befinden, ſo z. B. wenn wir über glühende Kohlen oder über einen heißen Ofen wegſehen.

Gewöhnliche atmoſphäriſche Strahlenbrechung. Es ſey (Zeichn. 222.) m a n o ein Theil der Erdoberfläche und p t q ein Theil der Atmoſphäre. In z ſey ein Stern; der Strahl z z′, der von ihm ſenkrecht auf die Atmoſphäre fällt, geht durch alle Schichten derſelben ungebrochen durch; ein Beobachter in a ſieht demnach denſelben in der Richtung a z, alſo in ſeinem Zenith. Ein anderer Stern ſey in der Gegend s; der Strahl s b, der von ihm, wenn keine Atmoſphäre da wäre, nach a gelangen ſollte, wird, als ein ſchief auffallender, gebrochen, und kommt nicht dahin. Ein anderer Strahl dagegen, etwa der Strahl s b′ (der wegen der ungeheuern Entfernung des Fixſternes für parallel mit s a angeſehen werden muß) wird, indem er durch die immer dichtere Luft geht, wegen der immerfort zunehmenden Brechung, eine krumme Linie b′ d a beſchreiben, und ſo ins Auge des Beobachters in a gelangen. Dieſer bezieht den erhaltenen Eindruck nach der Tangente jener Krummen, und ſieht den Stern in der Richtung a s′, alſo höher über dem Horizonte. Man ſieht daraus, daß durch die Brechung die ſcheinbare Höhe der Weltkörper vergrößert werde, und dieſes um deſto mehr, je näher am Horizonte ſo ein Weltkörper wirklich ſteht, denn deſto ſchiefer fallen die Strahlen auf die Atmoſphäre ein. Ein Weltkörper kann unter dem Horizonte ſeyn, und doch mittelſt der Brechung geſehen werden, wie z. B. der Stern u, indem der

Strahl u u′ gekrümmt wird, und ſo in das Auge des Zuſehers in a gelangt, welcher ihn dann in der Richtung a w ſieht. Daraus erhellet nun von ſelbſt der oben erwähnte ſcheinbar frühere Aufgang und ſpätere Untergang der Himmelskörper. — Bey dem mittleren Zuſtande der Atmoſphäre läßt ſich ungefähr annehmen, daß, wenn die auf- oder untergehende Sonne mit ihrem unteren Rande die Meeresfläche gerade zu berühren ſcheint, eine Linie nach dem geſehenen untern Rande der Sonne gezogen, wirklich den oberen Rand treffen würde. — Mittelſt der Strahlenbrechung wird auch der lange Tag in den kalten Zonen (§. 167.) bedeutend verlängert, indem dort wegen der beträchtlichen Dichte der Luft die Brechung ſtark iſt. Eine Mondesfinſterniß kann nur dann Statt finden, wenn die Erde zwiſchen Sonne und Mond ſich befindet; beyde genannten Weltkörper ſollten demnach an und für ſich in dieſem Falle nie zugleich geſehen werden können; dennoch hat dieſes ſchon Statt gefunden, nähmlich durch Hülfe der Refraction. — Man ſieht wohl von ſelbſt, daß die Beſchaffenheit des Luftkreiſes auf die Größe der Strahlenbrechung einen Einfluß haben müſſe. Merkwürdig iſt die Erſcheinung, daß die Sonne bey ihrem Untergange nach einem ſehr ſchwülen Tage manchmahl abgeplattet erſcheint (nähmlich mehr breit als hoch). Die Urſache iſt die bedeutendere Dichte der unteren Luftſchichten, die ſich ſchneller abkühlen als die oberen.

Luftſpiegelung und Fata Morgana. In weiten Ebenen erſcheinet manchmahl ein entfernter Gegenſtand (z. B. ein Haus) doppelt. Man ſieht dann außer ihm ſelbſt noch ein Bild von ihm; manchmahl tiefer, manchmahl höher, gewöhnlich umgekehrt. Beſonders hat dieſe Erſcheinung in weiten Wüſten Statt. In Unterägypten hat die franzöſiſche Armee dieſelbe oft beobachtet. Sie ereignet ſich dort ſehr häufig, in manchen Sandwüſten beynahe täglich. Die wenigen Dörfer, welche in den weiten Ebenen ſich befinden, ſcheinen Inſeln gleich über einem See zu ſchweben, und ſich in dem Waſſer zu ſpiegeln. Man erkläret dieſe Erſcheinung aus der veränderten Richtung der Lichtſtrahlen, welche durch Luftſchichten gehen, die eine verſchiedene Temperatur haben. Es ſey z. B. (Zeichn. 223.) a b die Oberfläche der Erde, c d ein ſichtbarer Gegenſtand, in o befinde ſich das Auge des Zuſehers, über m n ſey eine dichtere Luft, unter m n eine dünnere, durch die Hitze des von der Sonne beſchienenen Sandbodens ausgedehnte. Das Auge ſieht fürs erſte den Gegenſtand mittelſt der Strahlen n o und c o faſt ohne Brechung. Allein aus jedem Puncte des Gegenſtandes gehen auch andere Strahlen aus. Darunter gibt es ſolche, welche ſehr ſchief auf m n fallen, und daher

(nach §. 162. 4.) in die Luft über m n zurückgehen. Geſetzt m n wäre eine ſcharfe Scheidungsfläche, ſo würde der Strahl c r ſo zurückgeworfen werden, daß die Winkel c r n und o r m gleich wären. In der Luft gibt es freylich keine ſolche Scheidungsebene, allein die Wirkung kann im Ganzen doch dieſelbe ſeyn. Der Strahl kann nähmlich in ſeiner Richtung allmählich abgelenkt werden, und daher eine krumme Linie c r′ o beſchreiben. Das Auge wird nun den Punct c auch nach der Richtung o t ſehen; c wird ihm daher in c′ erſcheinen, der Punct n in n; die Zwiſchenpuncte ſieht es zwiſchen c′ und n. Daher ſieht es dann außer dem Gegenſtande auch deſſen umgeſtürztes Bild. Man ſieht ein, daß (je nachdem die Luftſchichten verſchieden erwärmt ſind) das Phänomen auch mancherley Abänderungen haben könne. Durch eine leiſe Bewegung der Luft ſchwanken und ſchweben die Bilder. — Auf ähnliche Art entſteht wahrſcheinlich diejenige Erſcheinung, die an der Meerenge von Meſſina Statt finden ſoll, und unter dem Nahmen Fata Morgana bekannt iſt. Man will oft verſchiedene Gegenſtände, Gebäude, Säulen u. dgl. in der Luft geſehen haben. Vermuthlich Bilder von Gegenſtänden der gegenüberliegenden Küſte, durch Luftſpiegelung bewirkt und wahrſcheinlich weniger regelmäßig erſcheinend, als man aus den Beſchreibungen darüber ſchließen ſollte.

Verſuch. Man kann eine der Luftſpiegelung ähnliche Erſcheinung im Kleinen mittelſt des folgenden Verfahrens bewirken. In ein Gefäß a b c d (Zeichn. 224.) aus dünnem geſchliffenen Glaſe, deſſen Wände a b und c d parallel ſind, gießt man zuerſt Waſſer bis auf eine gewiſſe Höhe m n, dann läßt man Schwefelſäure durch einen gläſernen Trichter, deſſen Ende bis an den Boden des Gefäßes reicht, behuthſam unter das Waſſer treten. Wegen der chemiſchen Verwandtſchaft werden die zwey Flüſſigkeiten ſich zwar mit einander verbinden, aber nur langſam; es entſteht eine Flüſſigkeit, deren Dichte von unten nach oben allmählich abnimmt. Man klebe in s ein Streifchen Papier hin: ſo wird ein Auge, das auf der entgegengeſetzten Seite ſich in gleicher Höhe (etwa in o) befindet, dieſes Papierchen einmahl mittelſt des ungebrochenen Strahles s o ſehen. Allein von dem Papiere gehen noch unzählige andere Strahlen aus. Einige davon, die in der Richtung s r gehen ſollten, werden hier allmählich von dem Einfallslothe immer mehr gebrochen, kommen endlich ſehr ſchief in t an, werden reflectirt (eigentlich gebogen), erleiden nun immer eine etwas ſtärkere Ablenkung und beſchreiben demnach die krumme Linie s t u o, und ſo geſchieht es, daß, bey der erforderlichen Lage des Auges o, dieſes auch noch ein zweytes Bild des Streifchens nach der Richtung o p erblickt.

§. 767. Wenn ein Strahl durch ein Mittel geht, welches parallele Oberflächen hat (wie z. B. eine Glastafel), und auf beyden Seiten von einem dünnern Mittel begränzet wird: ſo iſt die Richtung des einfallenden Strahles mit der Richtung des ausfahrenden parallel. Es ſey z. B. m n p q (Zeichn. 225) der Durchſchnitt einer Glastafel, und a b der auffallende Strahl; dann iſt der ausfahrende Strahl c d mit a b nothwendiger Weiſe parallel. Denn um wie viel das Licht beym Eintritte ins Glas zum Einfallslothe gebrochen wird, um ſo viel wird es beym Austritte vom Einfallslothe gebrochen.

Oder: Wenn (Zeichn. 226.) der Lichtſtrahl s t in das von parallelen Seitenwänden begränzte brechende Mittel d e f g eindringt: ſo iſt (ſtatt der Einfallswinkel ihre Supplemente geſetzt) $n \times cos.\, e = cos.\, b$; $n \times cos.\, \beta = cos.\, \varepsilon$, es iſt aber $b = \varepsilon$, folglich $cos.\, e = cos\, \beta$, und $e = \beta$.

§. 768. Ganz anders verhält ſich die Sache, wenn die begränzenden Flächen unter irgend einem Winkel gegen einander geneigt ſind, wenn z. B. der Strahl durch ein dreyſeitiges Prisma hindurch gehen muß. Es ſey (Zeichnung 227.) A B C der Durchſchnitt eines ſolchen Prisma; es falle auf die Seite A B der Strahl s t, er wird in t zum Einfallslothe m o gebrochen, und nimmt etwa die Richtung t u. In u wird er von dem Einfallslothe p q gebrochen und geht nun in der Luft nach der Richtung u v. Der Winkel bey A, welchen die beyden brechenden Flächen B A und C A bilden, heißt der **brechende Winkel**. Ein Auge, welches in irgend einem Puncte der Linie u v ſich befindet, ſieht den ſtrahlenden Punct s nach der Richtung v σ, etwa in σ. Die durch beyde Brechungen bewirkte Ablenkung des Strahles s t iſt, wie man ſieht, gleich dem Winkel w. Dieſe Ortsveranderung des Bildes iſt zugleich mit einer beträchtlichen Färbung der Ränder verbunden, die deſto größer erſcheint, je größer der brechende Winkel A iſt. Von dieſer wird hier einſtweilen abgeſehen.

Man hat prismatiſch geſchliffene Gläſer zu mehrfachen Anwendungen benützt, von denen an andern Orten wird geſprochen werden (z. B. zur Unterſuchung des farbigen Lichtes, zu der

ſogenannten Camera lucida u. d. m.). Von der Anwendung zur Beſtimmung der Stärke der Brechung des Lichtes in verſchiedenen Körpern ſoll ſogleich die Rede ſeyn.

Gelegenheitlich wollen wir indeſſen hier noch zweyer optiſchen Spielereyen kurz erwähnen, die auf einer ähnlichen Ablenkung des Lichtes wie bey dem Prisma beruhen, nähmlich: der Vervielfältigung der Bilder eines durch ein mehrflächiges Glas geſehenen Gegenſtandes, dann der ſogenannten dioptriſchen Anamorphoſen.

Es ſey abcd (Zeichn. 228.) der Durchſchnitt eines ſolchen Glaſes; ab, bc, cd ſeyen die Durchſchnitte dreyer aus ſeinen Flächen; f ſey ein ſtrahlender Punct. Aus dieſem fällt auf jede der Flächen eine Menge von Strahlen, wovon nur die auf die Mitte fallenden fg, fe und fh hier gezeichnet ſind. Der Strahl fe geht als ein ſenkrechter ungebrochen hindurch. Die Strahlen fg und fh werden aber ſowohl an den Vorderflächen ab und cd als an der Hinterfläche ad gebrochen, dort zum, hier vom Einfallslothe, ſo daß ſie endlich in o ſich ſchneiden. Ein dort befindliches Auge erhält demnach den Eindruck nach dreyen Richtungen, ſo nähmlich, als ob drey leuchtende Puncte, etwa aus den Örtern f, f′ und f″ ihm Licht zuſendeten.

Dioptriſche Anamorphoſen nennet man Gemählde, worin die Theile der vorgeſtellten Gegenſtände ſo zerriſſen ſind, daß dasjenige, was rechts erſcheinen ſoll, links gezeichnet iſt, was oben erſcheinen ſoll, unten abgebildet wird u. ſ. w. Durch ein mehrflächiges pyramidales Glas und für eine beſtimmte Lage des Auges erſcheinen die in dem unten gelegten Bilde aus einander gezeichneten Theile eines Objectes in ihrer regelmäßigen Verbindung.

§. 769. Benützung des Prisma, um aufzufinden, wie ſtark durch das Material desſelben (z. B. eine Glasgattung) das Licht gebrochen werde. — Der einfachſte Fall iſt, wenn der Strahl st (Zeichn. 229.) auf die erſte Fläche des Prisma ſenkrecht auffällt; denn er geht dann ungebrochen in der Richtung tu bis auf die zweyte Fläche; hier erſt wird er von dem Einfallslothe pq abgelenkt. — Geſetzt, ſeine neue Richtung ſey uv; ſo iſt (nach §. 762.) $1 : n = \sin.\, tup : \sin.\, quv = \sin.\, e : \sin.\, b$, mithin $n = \frac{\sin.\, b}{\sin.\, e} = \frac{\sin.\,(e + w)}{\sin.\, e}$. In

dieſem Falle iſt aber auch zugleich der Einfallswinkel e offenbar gleich dem brechenden Winkel A des Prisma, weil pq ſenkrecht auf AC, ſo wie stu ſenkrecht auf AB. Daher iſt dann auch $n = \frac{sin. (A + w)}{sin. A}$. Es iſt demnach bloß nöthig, den brechenden Winkel A und den Ablenkungswinkel w zu wiſſen.

Eben ſo einfach iſt der Fall, wenn man den vorigen umkehrt, wenn nähmlich der aus der zweyten Fläche AC ausfahrende Strahl ſenkrecht iſt auf dieſer Fläche, wie in der Zeichn. 230. Hier iſt, wie man ſieht, $b = A$, und $e = b + w = A + w$. Das Übrige ergibt ſich von ſelbſt.

Wenn indeſſen auch auf beyden Flächen eine Brechung Statt findet: ſo hat man gleichfalls nur nöthig den brechenden Winkel des Prisma und den Ablenkungswinkel zu wiſſen, um das Brechungsverhältniß zu beſtimmen. Es ſey nähmlich in der bereits §. 768. betrachteten Zeichn. 227. st der einfallende Strahl, tu ſeine Richtung nach der erſten Brechung, mithin e der Einfallswinkel, b der Brechungswinkel; uv ſeine Richtung nach der zweyten Brechung, mithin ε der Einfallswinkel, β der Brechungswinkel. Zur Erleichterung wollen wir uns die Winkel klein denken, um ſie ſelbſt ſtatt der Sinus ſetzen zu können. Dann iſt 1) $e : b = n : 1$, 2) $e - b : b = n - 1 : 1$, 3) $\beta : \varepsilon = n : 1$, 4) $\beta - \varepsilon : \varepsilon = n - 1 : 1$. Nun folgt aus 2) und 4) $e - b + \beta - \varepsilon : b + \varepsilon = n - 1 : 1$, oder (weil $e - b = r$ und $\beta - \varepsilon = \rho$) iſt auch $r + \rho : b + \varepsilon = n - 1 : 1$. Es iſt aber die Summe beyder einzelnen Ablenkungswinkel r und ρ gleich dem Winkel w, den der einfallende Strahl mit dem ausfahrenden macht ($r + \rho = w$), auch iſt $b + \varepsilon = \delta$ (als dem äußern Winkel) und $\delta = A$ dem brechenden Winkel des Prisma (weil mn und pq ſenkrecht auf einander ſind). Mithin (w ſtatt $r + \rho$, und A ſtatt $b + \varepsilon$ geſetzt) iſt $w : A = n - 1 : 1$. Mithin $w = (n - 1) A$, alſo $n - 1 = \frac{w}{A}$, und $n = \frac{w}{A} + 1$. Doch iſt dieſes nur eine Annäherungsformel. Strengere Formeln und überhaupt mehrerley Methoden das Brechungsverhältniß zu beſtimmen findet man beſonders in J. F. W. Herſchels Werke: Vom Lichte (im §. 6. Nr. 206). Hier war es uns nur um eine möglichſt kurze Darſtellung zu thun. — Einfacher wird übrigens auch der Fall, bey welchem zwey Brechungen Statt finden, wenn der Strahl nach der erſten Brechung parallel mit der Seite BC (Zeichn. 231.) des Prisma in demſelben fortgehet, wenn nähmlich

$tu$ parallel iſt mit $BC$. Denn alsdann iſt offenbar $e = \beta$, $b = \varepsilon$, und $r = \rho$. Ferner iſt $b = \frac{1}{2}\delta$ (eben darum weil $b = \varepsilon$) und mithin auch $b = \frac{1}{2}A$ (weil $A = \delta$). Endlich (weil $w = r + \rho$, und $r = \rho$) iſt $\frac{1}{2}w = r = e - b$. Mithin iſt $e = \frac{1}{2}w + b$, oder ($\frac{1}{2}A$ ſtatt $b$ geſetzt) $e = \frac{1}{2}w + \frac{1}{2}A$. Aus der allgemeinen Proportion $n : 1 = \sin. e : \sin. b$ folgt demnach $n = \frac{\sin. e}{\sin. b} = \frac{\sin. (\frac{1}{2}w + \frac{1}{2}A)}{\sin. \frac{1}{2}A}$. Will man dieſen Ausdruck mit dem jener Annäherungsformel vergleichen: ſo muß man die Winkel ſtatt ihrer Sinus ſetzen. Dann hat man man $n = \frac{\frac{1}{2}w + \frac{1}{2}A}{\frac{1}{2}A} = \frac{w + A}{A} = \frac{w}{A} + \frac{A}{A} = \frac{w}{A} + 1$. — Um ein ſpecielles Beyſpiel zu haben, ſetzen wir, es ſey der brechende Winkel $A$ des Prisma $= 15^{0}$, der Winkel $w$ den der ausfahrende Strahl mit dem einfallenden bildet, ſey $= 7^{0},5$, dann wäre (zu Folge der Annäherungsformel) $n = \frac{7.5}{15} + 1 = \frac{3}{2}$.

Es käme nun bloß darauf an, für einen wirkliche. Fall dieſe Winkel möglichſt genau zu beſtimmen; wozu man indeſſen ſich mancherley Apparate ausgeſonnen hat. — Ein eigentliches Prisma läßt ſich übrigens zwar nur aus feſten Körpern herſtellen; Flüſſigkeiten (tropfbare und ausdehnſame) laſſen ſich indeſſen auf ähnliche Weiſe unterſuchen, wenn ſie in Behältniſſe eingeſchloſſen werden, deren entgegengeſetzte Glaswände unter einem Winkel gegen einander geneigt ſind, mithin auch eine Ablenkung des hindurch gehenden Lichtſtrahles bewirken. Die für die Körper von verſchiedener Aggregatform dienlichen Methoden ſind, kurz angegeben, folgende:

a. Für feſte Körper. Ein einfacher hierzu dienender Apparat iſt in der Zeichn. 232. abgebildet. In der Mitte des Kreiſes befindet ſich ein Glasſcheibchen $mn$, deſſen beyde Flächen genau parallel mit einander ſeyn müſſen. Auf dieſes Glas wird das Prisma gelegt, und ein mit einer Öffnung verſehenes am Umfange des Kreiſes verſchiebbares Streifchen $s$ wird parallel mit dem Glasſcheibchen geſtellt, damit das Licht dadurch ſenkrecht auf das Prisma falle. An der Öffnung eines andern Laufers $t$ wird das Auge angebracht. Man ſucht durch das Prisma hindurch die Öffnung $s$ zu erblicken, und verſchiebt daher den Laufer $t$, bis man $s$ ſieht. Der ausfahrende Strahl iſt nun $a't$. An der Gradeintheilung findet man,

welchen Winkel a′t mit der Fläche des Prisma bildet, die dem Auge zugekehrt iſt. Sein Ergänzungswinkel auf 90° iſt der geſuchte Brechungswinkel. — Bequemer iſt der Apparat, wenn die Ebene des Kreiſes horizontal iſt. — Ein auf demſelben Prinzip beruhender bequemer Apparat iſt angegeben in Prechtls Dioptrik (Wien, 1828). — Bey allen ſolchen Anwendungen muß das Prisma einen kleinen brechenden Winkel haben, um die Farbenzerſtreuung möglichſt zu vermeiden.

b. Für tropfbare Flüſſigkeiten. Bey einem Gefäße mit geneigten durchſichtigen Wänden, welches mit der zu unterſuchenden Flüſſigkeit angefüllt wird, müſſen die Glasſcheiben, welche dieſe Wände bilden, genau parallele Flächen haben, damit ſie keine Ablenkung der Strahlen bewirken. Auch ein Gefäß, wie das in §. 762. Zuſ. angegebene, läßt ſich, wenn es mit großer Genauigkeit hergeſtellt iſt, zu demſelben Zwecke verwenden.

c. Für gasförmige Flüſſigkeiten. Bey dieſen gibt man dem Prisma einen großen brechenden Winkel und verwendet dazu eine kurze Röhre, die an beyden Enden ſchief abgeſchnitten und mit Glasplatten geſchloſſen wird, wie die Röhre AB in der Z. 233. Sie muß mit einem Barometer in Verbindung geſetzt ſeyn, welcher ſich in dem vertikalen Cylinder de befindet; auch iſt eine Faſſung mit einen Hahn h nothwendig, um ſie mit der Luftpumpe oder mit einem Recipienten in Verbindung zu bringen; jenes, um den Cylinder, ſo viel möglich, luftleer zu machen, dieſes, um ihn mit der in Frage ſtehenden Gasart füllen zu können. Iſt alles früher möglichſt luftleer gemacht, und dann mit dem zu unterſuchenden Gas angefüllt worden: ſo zeigt der Stand des innern Barometers die Expanſivkraft der eingeſchloſſenen Gasart. Ihre Temperatur läßt ſich am bequemſten mittelſt eines mit den Glaswänden von außen in Berührung gebrachten Thermometers beſtimmen. Aus der Temperatur und der Expanſivkraft des Gaſes läßt ſich auf die Dichte desſelben ſchließen. Wenn von irgend einem Objecte das Licht in der Richtung mn (Zeichn. 234.) auf die Glasfläche ab fällt, und der Cylinder mit derſelben Luft gefüllt iſt, die ſich von außen um ihn befindet: ſo muß der ausfahrende Strahl rs mit dem auffallenden Strahl mn parallel ſeyn; denn ſo viel er in n zum Einfallslothe gebrochen wird, ſo viel wird er in p vom Einfallslothe gebrochen; alſo iſt pq parallel mit mn; aus einer gleichen Urſache rs parallel mit pq und alſo parallel mit mn. Iſt der Cylinder aber mit einem andern Gas gefüllt, oder auch mit Luft von anderer Dichte: ſo muß das Licht ſowohl bey ſeinem Austritte aus dem Glaſe in p

als auch beym Eintritte in q ſtärker oder ſchwächer ſeyn gebrochen worden als der einfallende Strahl in n und der ausfahrende in s. Hat man demnach in o (Zeichn. 235.) einen Winkelmeſſer mit einem Fernrohre aufgeſtellt, und dieſes auf einen entfernten, in der Linie o m liegenden Gegenſtand gerichtet, und ſieht dann auf denſelben Gegenſtand durch das Prisma: ſo ſieht man ihn nach einer andern Richtung. Geſetzt, man ſehe ihn in der Richtung o l, ſo gibt der Winkel l o m die Ablenkung des Lichtes durch das Prisma. Die größte Ablenkung erhält man, wenn man das Fernrohr unbeweglich läßt, und den ganzen Cylinder um ſeine Achſe herumdreht, ſo daß der brechende Winkel einmahl zur Linken des Beobachters zu liegen kommt, das andere Mahl zu ſeiner Rechten, wie in der Zeichn. 236. (von oben geſehen).

Man ſpricht auch von dem Brechungsvermögen der undurchſichtigen Körper, z. B. der Metalle, und ſchreibt ihnen ein großes ſolches Vermögen zu. Hierbey wird vorausgeſetzt, die Undurchſichtigkeit ſey eine Folge des ſtarken lichtabſorbirenden Vermögens eines ſolchen Körpers. Man denkt ſich jene Strahlen, welche abſorbirt werden, in das undurchſichtige Mittel eintretend, und vor der Abſorption den Brechungsgeſetzen gehorchend.

### Brechung des Lichtes in gekrümmten Flächen.

§. 770. Am wichtigſten ſind uns hier die Erſcheinungen der Brechung durch diejenigen geſchliffenen Gläſer, welche unter dem Nahmen der Linſen bekannt ſind. Eine Linſe nähmlich nennet man ein Glas, welches an einer oder an beyden Oberflächen gekrümmt, und zwar gewöhnlich ſphäriſch gekrümmt iſt. Es gibt zwey Claſſen derſelben: erhobene oder Convexlinſen und hohle oder Concavlinſen. Eine Convexlinſe iſt in der Mitte dicker als am Rande; ſie iſt entweder convexconvex (doppelt convex, biconvex), nähmlich auf beyden Seiten ſphäriſch erhoben, oder planconvex, mit einer erhobenen und einer ebenen Fläche, oder endlich concavconvex (auch Meniſcus genannt), mit einer erhobenen und einer hohlen Fläche, ſo aber, daß die convexe Fläche die ſtärker gekrümmte iſt. Bey allen dreyen iſt, wie man ſieht, die Convexität vorwaltend. — Eine Concavlinſe iſt ebenfalls entweder concavconcav (doppelt concav, biconcav), nähmlich an beyden Flächen hohl geſchliffen, oder

planconcav, mit einer ebenen und einer Hohlfläche, oder endlich convexconcav mit einer hohlen und einer erhobenen Fläche, aus denen aber die erſtere die ſtärker gekrümmte iſt. Bey allen dreyen iſt, wie man ſieht, die Concavität vorwaltend. Die Zeichn. 237. bildet ab den Durchſchnitt aller der genannten Linſen, und zwar ab den Durchſchnitt einer doppelt convexen; cd den einer planconvexen, ef den eines Meniſkus, gh den einer doppeltconcaven, ik den einer planconcaven und lm den einer convexconcaven. — Den Halbmeſſer derjenigen Kugel, von deren Oberfläche die krumme Fläche der Linſe als ein Theil kann angeſehen werden, nennet man den Halbmeſſer der Krümmung der Glasfläche. So z. B. bey dem Glaſe mn (Zeichn. 238.) iſt ac der Halbmeſſer der Krümmung für die Fläche dae, und bg der Halbmeſſer der Krümmung für die Fläche hbi. Bey einer planconvexen oder planconcaven Linſe wird die ebene Fläche als eine gekrümmte angeſehen, deren Krümmungshalbmeſſer unendlich groß iſt. Die Linie, welche durch die Mitte beyder Flächen und durch die Mittelpuncte ihrer Krümmungen gezogen gedacht wird (alſo auch auf beyden Flächen ſenkrecht iſt), heißt die Achſe der Linſe. In der Zeichn. 237. iſt die Linie no die gemeinſchaftliche Achſe aller ſechs dort abgebildeten Linſen.

Ein Linſenglas könnte allerdings ſo geſchliffen ſeyn, daß die Linien, die durch die Krümmungsmittelpuncte beyder Flächen und durch den Mittelpunct des Glaſes gehen, nicht in eine und dieſelbe gerade Linie fallen, wie das z. B. bey der Linſe ab (Zeichn. 239.) der Fall iſt. Ein ſolches Glas nennet man ein unrichtig centrirtes; es iſt zu optiſchem Gebrauche untauglich, und mithin iſt die richtige Centrirung von äußerſter Wichtigkeit. Convexconcave Gläſer, deren beyde Flächen eine gleiche Krümmung haben (wie dieß der Fall bey den Uhrgläſern iſt), wirken (da die Flächen parallel ſind) weder als convexe noch als concave Gläſer. Eben dieſes gilt von einem Planglaſe, deſſen Flächen parallel ſind.

Um Linſen zu erhalten, werden einer Glasſcheibe von der Größe der beabſichtigten Linſe zuerſt an der Drehbank ihre Ränder genommen, dann wird ſie in einer Metallſchale, welche die gehörige convexe oder concave Krümmung hat, mehrmahls geſchliffen; zuerſt mit gröberem Schmirgel, dann mit einem feineren, bis alle Rizzen ver

ſchwunden ſind, und das Glas eine gleichförmig matte Fläche zeigt. Nun wird fein gepulverter Bimsſtein zum Schleifen genommen, wodurch die Rauhheit verſchwindet. Endlich wendet man Kolkothar (Eiſenroth, ein rothes Eiſenoxyd) und Waſſer an, wodurch die Linſe ihre Politur erhält. Dieſes letzte Schleifen geſchieht in der Schale, welche früher mit Pech ganz gleichförmig iſt überzogen worden. — Um das Glas in der Schale herum zu führen, wird es an einen Handgriff mittelſt Pech befeſtigt. Das Herumführen ſelbſt geschieht entweder mit freyer Hand oder mittelſt einer Maſchine. Man nennet das letztere Verfahren das Schleifen aus dem Radius, weil dabey die Linſe, wenn ſie convex werden ſoll, in der Schleifſchale durch eine gerade und unbiegſame Stange herumgeführt wird, deren oberes Ende ſich in dem Mittelpuncte des Kreiſes bewegt, von welchem die Stange der Halbmeſſer iſt. Soll aber eine Concavlinſe geſchliffen werden: ſo wird das Glas unten befeſtigt, an die Radiusſtange kommt die Schleifſchale, ſie iſt hier der bewegliche Körper.

§. 771. Erſcheinungen durch Convexlinſen. Von dieſen lehren Betrachtung und Erfahrung Folgendes:

I. Gang der mit der Achſe parallel auffallenden Strahlen. Alle dergleichen Strahlen werden an der Vorder- und Hinterfläche ſo gebrochen, daß jeder derſelben nach dieſer doppelten Brechung die Achſe in irgend einem Puncte ſchneidet. Sind die Strahlen zugleich der Achſe ſehr nahe: ſo ſchneiden ſie dieſelbe beynahe in einem und eben denſelben Puncte. Man nennet ihn den Brennpunct der Linſe, und ſeine Entfernung von der Linſe die Brennweite der letztern. Es ſey (Zeichn. 240.) m n p q der Durchſchnitt einer convexconvexen Linſe, c der Krümmungsmittelpunct der erſten Fläche m n, $\gamma$ der Krümmungsmittelpunct der zweyten Fläche p q; c $\gamma$ demnach die Achſe. Ein Strahl a b, der in der Achſe auffällt, geht ungebrochen durch die Linſe, denn er fällt in b ſowohl als in b′ ſenkrecht auf (§. 760.). Ein anderer Strahl d e falle parallel mit der Achſe auf das Glas. Dieſer wird, beym Eintritte in e, zum Einfallslothe h c gebrochen, und iſt jetzt ſchon mit der Achſe convergent, würde ſie alſo irgendwo in r ſchneiden. Indem er aber auf die zweyte Fläche p q ankommt, wird er im Puncte k

von dem Einfallslothe $\gamma g$ gebrochen, alſo mit der Achſe noch mehr convergirend. Er ſchneidet demnach dieſelbe in irgend einem näheren Puncte, z. B. in f. Was von dieſem Strahle gilt, gilt von allen andern, welche genau oder beynahe eben ſo weit von der Achſe auffallen, als der Strahl d e, es gilt alſo von allen nahe an der Achſe auffallenden Strahlen. Der Punct f iſt nun der Brennpunct der Linſe. — Um ihn durch einen Verſuch zu finden, richtet man das Linſenglas gegen die Sonne, ſo daß die Strahlen derſelben parallel mit der Achſe auffallen, hält dann irgend ein weißes Täfelchen, z. B. ein Blatt Papier hinter das Glas, nähert es dem letzten, oder entfernt es von ihm ſo lange, bis die beleuchtete Kreisfläche (das Bild der Sonne), die auf dem Blatte erſcheint, am kleinſten wird. Die Entfernung des Blattes vom Glaſe iſt die Brennweite des letztern.

Wie die Zeichn. 240. dient, den Brennpunct für eine convexconcave Glaslinſe zu finden, ſo laſſen ſich ähnliche Zeichnungen für planconcave Linſen und für einen Meniſcus machen.

§. 772. II. Brechung der aus irgend einem ſtrahlenden Puncte auf die Linſe auffallenden Strahlen. — Aus dem, daß die parallelen Strahlen durch Brechung in einer Convexlinſe convergent werden (§. 771.), ſieht man ſchon, daß eine jede ſolche Linſe die Convergenz begünſtige, wie der Hohlſpiegel, daß ſie alſo ein Sammlungsglas ſey. Convergent mit einander auffallende Strahlen werden demnach durch ſie noch convergenter. Wichtiger als dieſe müſſen uns indeſſen die divergenten ſeyn, indem aus einem jeden ſtrahlenden Puncte eines Gegenſtandes divergente Strahlen auf jede Fläche und alſo auch auf die Glaslinſe fallen. Was geſchieht mit dieſen? Das kömmt auf die Entfernung des ſtrahlenden Punctes an. Befindet er ſich in einer ſehr großen Entfernung, ſo daß die von ihm ausgehenden auf die Linſe auffallenden Strahlen beynahe als parallel können betrachtet werden, dann iſt der Vereinigungspunct derſelben nach ihrer Zurückwerfung im Brenn-

puncte der Linſe. Nähert ſich der leuchtende Punct der Linſe: ſo ſind nothwendiger Weiſe die auf denſelben Theil der letzteren fallenden Strahlen ſtärker divergent; der Vereinigungspunct derſelben nach der Brechung muß demnach von der Linſe weiter abſtehen, und zwar immer weiter, je näher der Linſe der leuchtende Punct kommt. — Iſt der leuchtende Punct im Brennpuncte: ſo werden die Strahlen durch Brechung mit einander parallel, ihr Vereinigungspunct iſt demnach in einer unendlichen Entfernung, d. h. nirgends. Rückt endlich der leuchtende Punct der Linſe noch näher: ſo ſind die auf denſelben Raum der Linſe fallenden Strahlen noch mehr divergent, ſie können demnach durch Zurückſtrahlung nicht mehr parallel werden, ſondern bleiben divergent, nur wird ihre Divergenz vermindert; ſie ſcheinen demnach aus einem hinter der Linſe liegenden Puncte zu kommen, welcher der Linſe deſto näher liegt, je näher der leuchtende Punct an dieſelbe rückt; berührt der leuchtende Punct die Linſe: ſo ſcheint auch der Vereinigungspunct ſie zu berühren.

Für alle dieſe Fälle dienen die Zeichn. 241., 242. und 243. zur Erläuterung. Wir fangen hier von dem letzten Falle an.

1. Wenn in der Zeichn. 241. der ſtrahlende Punct in dem Brennpuncte f iſt: ſo müſſen die Strahlen f A und f a zu parallelen werden, und in den Richtungen A B und a b fortgehen.

2. Iſt der ſtrahlende Punct näher, z. B. in p (Zeichn. 242.) und fallen die Strahlen auf den Theil A a der Linſe, der gleich iſt dem Theile A a in der Zeichn. 241.: ſo ſind ſie offenbar divergenter, als f a und f A in dieſer Zeichnung. Sie bleiben demnach divergent; der Achſenſtrahl p A geht ungebrochen fort, alſo in der Richtung A m, der Strahl p a aber etwa in der Richtung a n. Sie ſcheinen demnach aus einem hinter der Linſe liegenden Puncte q zu kommen.

3. Iſt der leuchtende Punct von der Linſe weiter entfernt als der Brennpunct, iſt er z. B. in i (Zeichn. 243.): ſo ſind die auf denſelben Theil der Linſe A a auffallenden Strahlen i A und i a. Sie ſind weniger divergent, als wenn ſie aus dem Brennpuncte f kämen; ſie müſſen demnach mehr als parallel, ſie müſſen convergent werden. Der Achſenſtrahl i A geht ungebrochen durch das Glas in der Richtung A m; der Strahl i a wird zur Achſe gebrochen, und wird dieſe irgendwo z. B. in o ſchneiden. — Wäre dage-

gen der ſtrahlende Punct in o, ſo wäre der Vereinigungspunct der gebrochenen Strahlen in i.

Man ſieht ſchon, daß, wenn der ſtrahlende Punct i von der Linſe immer weiter wegrückt, die auf denſelben Theil A a auffallenden Strahlen immer weniger divergiren, daher nach der Brechung eine immer ſtärkere Convergenz erhalten, und demnach immer näher an der Linſe als im Puncte o ſich ſchneiden werden, bis endlich, wenn der ſtrahlende Punct in eine ſehr große (gleichſam unendliche) Entfernung käme, die gebrochenen Strahlen ſich in dem Brennpuncte ſchneiden würden.

§. 773. III. Gang der Strahlen, wenn der ſtrahlende Punct außer der Achſe liegt. Wir haben uns bisher den ſtrahlenden Punct immer in der Achſe der Linſe gedacht; was wird geſchehen, wenn er über oder unter derſelben iſt, oder ſeitwärts? — Dann iſt auch der Vereinigungspunct der gebrochenen Strahlen darüber oder darunter oder ſeitwärts; allein immer auf der entgegengeſetzten Seite des ſtrahlenden Punctes. Iſt z. B. der ſtrahlende Punct in a (Zeichn. 244.), ſo iſt der Vereinigungspunct in α. — Denn von dem Puncte a läßt ſich eine Linie a h ſo auf den Spiegel ziehen, daß ihre Richtung durch den Mittelpunct der Linſe c geht; und dieſe Linie iſt für den leuchtenden Punct a als die Achſe zu betrachten. — Man nennet ſie auch den Hauptſtrahl. Ein Strahl nähmlich, deſſen Richtung durch die Mitte der Glaslinſe geht, kann, wenn er mit der Achſe nur einen kleinen Winkel macht, und das Glas nicht zu dick iſt, ſo betrachtet werden, als wenn er durch die Linſe ungebrochen durchginge. Er wird zwar bey ſeinem Eintritte in das Glas etwas gebrochen, trifft aber bey ſeinem Austritte in dir Luft an der Hinterfläche der Linſe eine Stelle, welche mit derjenigen, an der er eingetreten iſt, beynahe parallel iſt, daher denn die Ablenkung von ſeinem Wege (nach §. 767.) für null kann angeſehen werden.

§. 774. IV. Bilder von Puncten und ganzen Gegenſtänden. — Wenn die aus einem ſtrahlenden Puncte auf die Convexlinſe fallenden Lichtſtrahlen nach der Brechung ſich in

einem Puncte ſchneiden: ſo fahren ſie hinter dieſem wieder aus einander. Treffen mehrere derſelben ein Auge: ſo ſieht dieſes nothwendiger Weiſe in jenem Durchſchnittspuncte das Bild des leuchtenden Punctes. So ſieht das Auge o (Zeichn. 245.) in α das Bild des Punctes a. Nicht aber werden in allen Fällen, wie wir geſehen haben (§. 772.), die aus dem ſtrahlenden Puncte kommenden Strahlen ſo gebrochen, daß ſie einander ſchneiden. Bleiben ſie nach der Brechung divergent: ſo ſcheinen ſie aus einem und demſelben hinter der Linſe liegenden Puncte zu kommen. Wird nun von ihnen ein Auge getroffen: ſo wird dieſem das Bild des ſtrahlenden Punctes dort erſcheinen. So z. B. erſcheint dem Auge o (Zeichn. 246.) das Bild des ſtrahlenden Punctes a in α. Man nennet im letztern Falle das hinter der Linſe erſcheinende Bild ein geometriſches, im Gegenſatze des früher erwähnten phyſiſchen. Dieſes letztere läßt ſich auch mittelſt einer weißen Fläche auffangen, und erſcheint auf dieſer, wie das Bild in der dunkeln Kammer. — Und was von den aus einem ſtrahlenden Puncte auf die Convexlinſe gelangenden Strahlen gilt, gilt von den Strahlen aller Puncte eines ſelbſt leuchtenden oder beleuchteten Gegenſtandes. Es mahlt ſich demnach das Bild des ganzen Gegenſtandes an der weißen Fläche ab.

§. 775. Um den Ort eines ſtrahlenden Punctes mittelſt der Verzeichnung zu beſtimmen, dient folgendes Verfahren. Es ſey mm (Zeichn. 247.) der Durchſchnitt der Linſe, und a der ſtrahlende Punct. Zuerſt werde ein Strahl ab, parallel mit der Hauptachſe nn gezogen, dieſer ſchneidet nach ſeinem Austritte aus dem Glaſe die Achſe nn im Brennpuncte f; es werde mithin die durch f gehende Linie br gezogen. Ferner ziehe man auch durch c den Mittelpunct der Linſe, einen Strahl ac; dieſer geht ungebrochen durch die Linſe, in der Richtung cs fort. Wo cs und br einander ſchneiden, alſo im Puncte α iſt das Bild des Punctes a. — Was von einem Puncte gilt, gilt von allen Puncten. So erhält man demnach auch den Ort, die Größe und die Stellung des Bildes von einem ganzen Objecte,

wenn man auf die angezeigte Weiſe die Örter von den zwey äußerſten einander entgegenſtehenden Puncten desſelben findet, wie in der Zeichn. 249.

Die verſchiedenen Fälle, die ſich alle nach der angegebenen Methode durch Verzeichnung beſtimmen laſſen, ſind folgende:

Iſt der Gegenſtand in einer ſehr großen Entfernung von dem Glaſe: ſo erſcheint das wirkliche Bild hinter der Rückſeite des Glaſes, d. h. hinter der Fläche, die der, dem Gegenſtande zugekehrten, entgegengeſetzt iſt, und zwar erſcheint es in der Nähe des Brennpunctes; dieſes Bild iſt umgekehrt, und kleiner als das Object.

Rückt der Gegenſtand an der Vorderſeite näher gegen das Glas: ſo rückt das Bild von der Rückſeite desſelben aus der Gegend des Brennpunctes immer weiter weg, iſt umgekehrt, und wird immer größer, je mehr der Gegenſtand dem Glaſe ſich nähert.

Iſt endlich der Gegenſtand im Brennpuncte des Glaſes: ſo erſcheint gar kein Bild.

Rückt der Gegenſtand dem Glaſe näher als der Brennpunct: ſo kann um ſo weniger ein wirkliches, auffangbares Bild bemerkt werden; allein das auf der Rückſeite des Glaſes befindliche Auge ſieht durch die darauf anlangenden divergirenden Strahlen ein Bild des Gegenſtandes, welches aufrecht iſt und vergrößert.

§. 776. V. Abweichung wegen der Kugelgeſtalt. Wir haben bey allen bisher betrachteten Erſcheinungen, die durch Glaslinſen bewirket werden, angenommen, daß die Linſe nur wenige Grade hat, d. h. daß jede ihrer Flächen nur ein kleiner Abſchnitt einer Kugel iſt. In dieſem Falle werden alle auf das Glas parallel mit der Achſe auffallenden Strahlen ſo gebrochen, daß ſie nach der Brechung die Achſe beynahe in einem Puncte (dem Brennpuncte) ſchneiden. Je entfernter aber ein Strahl von der Achſe auffällt, deſto näher am Glaſe wird er nach der Brechung den Achſenſtrahl ſchneiden. So ſchneidet z. B. der Strahl de (Zeichn. 250.) nach ſeiner Brechung die Achſe in f, der Strahl gh aber ſchneidet ſie in i, ein noch entfernter auffallender wird ſie noch näher am Glaſe ſchneiden. Es gibt demnach, ſo wie bey dem Hohlſpiegel, für alle parallel mit der Achſe auffallenden Strahlen im ſtrengen Sinne keinen Brennpunct, ſondern einen Brennraum, der

einige Länge hat. Auch ſchneiden dieſe Strahlen einander gegenſeitig in verſchiedenen Puncten.

Daſſelbe gilt auch von den Strahlen, welche von einem ſtrahlenden Puncte aus (alſo divergirend) auf das Glas fallen; auch ſie werden nicht alle genau einen und denſelben Vereinigungspunct haben. Die Bilder, welche ſie bewirken, werden demnach etwas an der Deutlichkeit leiden. Indeſſen iſt dieſe Undeutlichkeit unbeträchtlich, wenn die Einfallspuncte der verſchiedenen Strahlen von dem des Achſenſtrahles nur ſehr wenig entfernt ſind. — Man pflegt daher den Rand der zu optiſchen Werkzeugen beſtimmten Gläſer mit der ſogenannten Blendung (einem breiten geſchwärzten Ringe von Pappe, Blech ꝛc.) zu bedecken. So werden nur diejenigen Strahlen benützt, welche nahe bey der Achſe einfallen. Die kreisrunde Öffnung der Blendung wird Apertur genannt.

Man nennet übrigens auch bey Linſen die hier erwähnte Undeutlichkeit die Abweichung wegen der Geſtalt des Glaſes, oder die ſphäriſche, um ſie von der ſpäter zu erwähnenden chromatiſchen zu unterſcheiden. — Dieſe Abweichung iſt auch der Grund davon, daß bey einer Linſe, deren beyde Seiten nicht gleiche Krümmungen haben, es nicht gleichgültig iſt, ob die eine oder die andere dieſer Seiten dem Auge zugekehrt werde. Vorzüglich merklich iſt der Unterſchied, wenn die durch die Linſe gebrochenen Strahlen durch eine zweyte Linſe noch eine Brechung erleiden, wie z. B. bey einem Fernrohre. Wird die erſte Linſe umgekehrt: ſo ſind die Bilder verzerrt.

Wenn man (Zeichn. 251.) durch die Puncte f, g, h, i, wo die aus der Linſe ausfahrenden Strahlen einander ſchneiden, eine Linie ſich gezogen denkt: ſo erhält man eine Krumme, welche, wie die bey dem Hohlſpiegel (§. 754. Zuſ.) die Brennlinie heißt. Sie wird zum Unterſchiede von jener auch die diacauſtiſche genannt. Um ſie mittelſt eines Verſuches ſichtbar darzuſtellen, dient ein cylindriſches mit Waſſer gefülltes Glas. Man ſtellt es auf einen Bogen weißen Papiers, man hält die Flamme einer kleinen Lichtkerze hinter daſſelbe; und es erſcheint auf dem Papiere durch Brechung ein beleuchteter Raum, der die Figur der Brennlinie hat. Je mehr man die Kerze dem Glaſe nähert, deſto mehr entfernt ſich die Spitze des beleuchteten Raumes von dem Glaſe.

§. 777. Erſcheinungen durch concave Glaslinſen. Von dieſen iſt Folgendes zu merken:

I. Brechung der mit der Achſe parallel auffallenden Strahlen. Dieſe werden ſo gebrochen, daß ſie mit der Achſe divergiren, daß ſie alſo, wenn ſie rückwärts verlängert werden, die Achſe an der Vorderſeite des Glaſes ſchneiden. Hat das Glas nur wenige Grade: ſo kann man ohne Fehler annehmen, daß alle Strahlen, die mit der Achſe parallel auffallen, ſo gebrochen werden, daß ſie aus einem und demſelben Puncte der Achſe auszugehen ſcheinen. Dieſer Punct heißt der Zerſtreuungspunct oder der negative Brennpunct des Glaſes.

Es ſey (Zeichn. 252.) mnop eine doppelt concave Linſe, ab und de ſeyen parallele Strahlen. Der Strahl de, als Achſenſtrahl, geht ungebrochen hindurch; der Strahl ab hingegen wird an der Vorderfläche zum Einfallslothe cg gebrochen, geht im Glaſe in der Richtung bt fort, und divergirt nun ſchon mit dem Achſenſtrahle. An der Hinterfläche wird er bey ſeinem Austritte aus Glas in Luft von dem Einfallslothe ts gebrochen, geht in der Richtung tu, und ſeine Divergenz mit dem Achſenſtrahle iſt vergrößert. Verlängert man die Linie tu rückwärts: ſo ſchneidet ſie den Achſenſtrahl in f. Was nun von dem Strahle ab gilt, gilt von allen parallel mit der Achſe auffallenden Strahlen, wenn ſie zugleich nahe an der Achſe auffallen. Alle werden nach der Brechung ſolche Richtungen haben, als ob ſie aus einem und demſelben Puncte f ausgingen. Der Punct f iſt demnach der Zerſtreuungspunct.

§. 778. II. Gang der aus einem und demſelben Puncte auf die Linſe auffallenden Strahlen nach der Brechung, und die dadurch erzeugten Bilder. — Die Hohllinſe begünſtiget, wie man ſieht, die Divergenz. Strahlen demnach, die aus irgend einem leuchtenden Puncte auf ein ſolches Glas fallen, werden nach der Brechung noch mehr divergent. Iſt nun dieſer Punct ſehr weit entfernt: ſo ſcheinen ſie nach der Brechung aus dem Zerſtreuungspuncte auszugehen. Nähert ſich der leuchtende Punct dem Glaſe, ſo iſt die Divergenz der auf denſelben Theil des Glaſes fallenden Strahlen größer; ſie divergiren demnach auch nach der Brechung ſtärker, und ihr Zerſtreuungspunct iſt dem Glaſe näher,

und zwar deſto näher, je mehr der ſtrahlende Punct dem Glaſe ſich nähert. Man findet übrigens den Ort des Bildes von jedem leuchtenden Puncte, mithin auch von einem ganzen Objecte nach derſelben Methode, wie bey der Convexlinſe. Ein ſolches Bild erſcheint immer hinter der Linſe, iſt immer aufrecht und immer kleiner als der Gegenſtand.

Um z. B. den Ort des Bildes von dem Puncte a (Zeichn. 253.) zu finden, zeichne man einen Strahl ac, welcher durch den Mittelpunct c beynahe ungebrochen in der Richtung cr fortgehet. Ferner zieht man parallel mit der Achſe nn′ den Strahl ab; dieſer wird nach der Brechung aus der Gegend des Zerſtreuungspunctes f zu kommen ſcheinen, alſo in der Richtung bs fortgehen. Wo ſich cr und bs rückwärts verlängert ſchneiden, nähmlich in α, iſt begreiflicher Weiſe der Ort des ſcheinbaren Bildes vom Puncte a. — Was nun von dem einen Puncte gilt, gilt von dem zweyten, dritten u. ſ. w., alſo von allen Puncten eines Objectes. Man kann mithin den Ort, die Lage und Größe des Bildes mittelſt der Verzeichnung finden, wenn man die Örter von den Bildern der zwey äußerſten einander entgegengeſetzten Puncte des Objectes beſtimmt, wie dieſes in der Zeichn. 254. für die Puncte a und b geſchehen iſt. Die Zeichn. 255. zeigt, wie die durch ein Hohlglas durchgegangenen Strahlen das Auge treffen, und von dieſem auf das Bild αβ bezogen werden.

§. 779. Zuſammenfaſſung der durch Glaslinſen bewirkten Erſcheinungen und ihre Anwendung. — Die Hohllinſen ſind in ihren Wirkungen den Convexſpiegeln ähnlich; ſie ſind Zerſtreuungsgläſer (§. 777.), ſo wie die genannten Spiegel Zerſtreungsſpiegel (§. 755.) ſind. Die durch Hohllinſen bewirkten Bilder ſind aufrecht und kleiner als die Gegenſtände. — Convexlinſen dagegen haben in ihren Wirkungen viele Ähnlichkeit mit den Concavſpiegeln. Beyde ſind der Convergenz der Strahlen günſtig. — Von der Anwendung beyder Gattungen zu Brillen und zu verſchiedenen zuſammengeſetzten optiſchen Inſtrumenten wird ſpäter die Rede ſeyn.

Einigen Zweifeln müſſen wir hier noch gelegenheitlich begegnen. Es ſind folgende. Es iſt (§. 778. Zuſ.) gezeigt worden, daß das

Bild eines durch eine Hohllinſe geſehenen Gegenſtandes der Linſe näher iſt, als der Gegenſtand. Man ſieht den dabey Statt findenden Gang der Strahlen in der Zeichn. 255. Wenn man aber durch eine ſolche Linſe einen Gegenſtand betrachtet, ſo ſcheint er entfernter zu ſeyn als früher. Wie iſt das zu erklären? Eben daraus, weil er jetzt kleiner erſcheint. Das Urtheil verſetzet ihn in eine größere Entfernung, in welcher er ebenfalls kleiner erſcheinen würde. — Ferner iſt in dem Falle, den die Zeichn. 245. vorſtellet, das Bild des ſtrahlenden Punctes a in α alſo zwiſchen der Converlinſe und dem Auge o; dennoch ſehen wir den Gegenſtand hinter der Linſe. Warum? Weil wir es wiſſen, daß er ſich hinter ihr befindet. So menget ſich das Urtheil in die Empfindung und die Empfindung ins Urtheil, oder vielmehr ein Urtheil ins andere; denn daß die Wahrnehmung der ſcheinbaren Entfernung der Gegenſtände von uns auch ſchon ein Urtheil iſt, iſt bereits (§. 733.) geſagt worden.

## Analytiſche Betrachtung der Erſcheinungen durch Linſen.

§. 780. So wie bey der Reflexion des Lichtes, gibt auch bey deſſen Refraction die Betrachtung des Ganges der Lichtſtrahlen und die Verzeichnung desſelben den phyſiſchen Grund für jede der dadurch bewirkten Erſcheinungen. Für den practiſchen Gebrauch indeſſen iſt auch hier, wie dort, der analytiſche Weg kürzer und genauer als der rein geometriſche. Die nöthigſten hierher gehörigen Beſtimmungen ſollen daher in den folgenden Zuſätzen nach der analytiſchen Methode gegeben werden.

Folgender Gang ſcheint für unſeren Zweck der dienlichſte zu ſeyn.

I. Es ſind vor allem andern diejenigen Größen, welche eine nothwendige wechſelſeitige Beziehung auf einander haben, in eine Gleichung zu bringen, damit jede derſelben, ſobald die übrigen bekannt ſind, könne aufgefunden werden. Dieſe Grundgleichung iſt $\frac{1}{d} + \frac{1}{\delta} = \frac{n-1}{r} + \frac{n-1}{\rho}$, wo d die Entfernung des ſtrahlenden Punctes bezeichnet, δ die Bildweite desſelben, r den Krümmungshalbmeſſer der vordern, ρ den der hinteren Linſenfläche, n endlich den Brechungsexponenten. Hiebey iſt auf die Dicke der Linſe, ihrer Unbedeutenheit wegen, keine Rückſicht genommen. Will man der Genauigkeit wegen, auch dieſe in Rechnung bringen, und bezeichnet man ſie

mit c: ſo iſt die vollſtändige Gleichung $\frac{1}{d}+\frac{1}{\delta}=\frac{n-1}{r}+\frac{n-1}{\rho}+\frac{c\,(n\,c-d-r)^2}{n\,d^2-r^2}$. Natürlicher Weiſe fällt die letzte Größe hinweg, wenn $c=0$ geſetzt wird.

Wir wollen es verſuchen, die Gleichung für den Fall zu entwickeln, wenn die Linſendicke vernachläßigt wird.

Es ſey (Zeichn. 256.) C der Mittelpunct der erſten Krümmung MA, G der Mittelpunct der zweyten ML, mithin TV die Achſe. Aus S einem Puncte der Achſe falle der Lichtſtrahl SB auf, dann iſt PBC das Einfallsloth, und e der Einfallswinkel. Der Strahl wird zum Einfallslothe gebrochen; geſetzt er nehme die Richtung BE, dann iſt b der Brechungswinkel. Würde er an der zweyten Fläche nicht mehr gebrochen: ſo würde er im Fortgange die Achſe in dem Puncte F ſchneiden. Man ziehe durch den Einfallspunct E in der zweyten Fläche das Einfallsloth GQ, dann iſt hier $\varepsilon$ der Einfallswinkel. Geht der Strahl nach der zweyten Brechung in der Richtung EH: ſo iſt der Brechungswinkel $\beta$. Die Achſe wird im Puncte H geſchnitten. Man vernachläßige die Glasdicke AL; — SA die Entfernung des ſtrahlenden Punctes (welche man, da B ſehr nahe an A angenommen wird, = SB ſetzen kann) nenne man d, die Bildweite LH = EH = AH nenne man $\delta$; der erſte Krümmungshalbmeſſer BC = AC ſey durch r, der zweyte LG = EG durch $\rho$, endlich AF durch t bezeichnet. Man ſuche vorerſt t (die Entfernung des Durchſchnittspunctes der Achſe, durch welchen der Strahl in Folge der erſten Brechung gehen würde).

Ziehet man nun dieſe erſte Brechung, und mithin die Dreyecke SBC und CBF nebſt dem Brechungsverhältniß n : 1 in Betrachtung, ſo erhält man folgende Proportionen:

In dem $\Delta$ SBC iſt SB : SC = $\sin.\psi : \sin.e$ (denn $\sin.e$ iſt = $\sin.$ SBC); mithin $\frac{SB}{SC}=\frac{\sin.\psi}{\sin.e}$.

In dem $\Delta$ CBF iſt CF : BF = $\sin.b : \sin.\psi$ (denn $\sin.\psi$ iſt = $\sin.$ BCF); mithin $\frac{CF}{BF}=\frac{\sin.b}{\sin.\psi}$.

Endlich iſt $n:1=\sin.e:\sin.b$, mithin $n=\frac{\sin.e}{\sin.b}$

Durch Multiplication erhält man $\frac{SB.CF.n}{SC.BF}=\frac{\sin.\psi.\sin.b.\sin.e}{\sin.e.\sin.\psi.\sin.b}$ = 1, weil der Zähler dem Nenner gleich iſt, und eben darum iſt SB.CF.n = SC.BF. Werden die Werthe ſubſtituirt: ſo findet

man $d(t - r)\,n = (d + r)\,t$. (Wegen Vernachläßigung der Linſendicke AL iſt nähmlich CL = CA = r, eben ſo BF = EF.)

Nimmt man eben ſo die zweyte Brechung, mithin die Dreyecke GEF und GEH nebſt dem Brechungsverhältniß $1 : n$ in Betrachtung, ſo erhält man folgende Proportionen:

In dem $\Delta$ GEF iſt $EF : GF = sin.\,m : sin.\,\varepsilon$ (denn $sin.\,\varepsilon$ iſt $= sin.$ GEF); mithin $\frac{EF}{GF} = \frac{sin.\,m}{sin.\,\varepsilon}$.

In dem $\Delta$ GEH iſt $GH : EH = sin.\,\beta : sin.\,m$ (denn $sin.\,\beta$ iſt $= sin.$ GEH); mithin $\frac{GH}{EH} = \frac{sin.\,\beta}{sin.\,m}$.

Dann iſt $1 : n = sin.\,\varepsilon : sin.\,\beta$, mithin $\frac{1}{n} = \frac{sin.\,\varepsilon}{sin.\,\beta}$.

Daher mittelſt der Multiplication $\frac{EF\,.\,GH}{GF\,.\,EH\,.\,n} = \frac{sin.\,m\,.\,sin.\,\beta\,.\,sin.\,\varepsilon}{sin.\,\varepsilon\,.\,sin.\,m\,.\,sin.\,\beta} = 1$, folglich $EF\,.\,GH = GF\,.\,EH\,.\,n$. — Werden auch hier die Werthe ſubſtituirt: ſo erhält man $t\,(\rho + \delta) = (\rho + t)\,\delta\,.\,n$.

Man ſuche nun aus den beyden Gleichungen den Werth von t. Man findet aus der erſteren $t = \frac{d\,r\,n}{d\,n - d - r}$; aus der zweyten $t = \frac{\delta\,\rho\,n}{\rho + \delta - \delta\,n}$. Beyde Werthe ſind einander gleich. Beyde nun durch n dividirt, iſt $\frac{d\,r}{d\,n - d - r} = \frac{\delta\,\rho}{\rho + \delta - \delta\,n}$, oder (die Brüche umgekehrt) $\frac{d\,n - d - r}{d\,r} = \frac{\rho + \delta - \delta\,n}{\delta\,\rho}$, oder (getrennt geſchrieben) $\frac{d\,n}{d\,r} - \frac{d}{d\,r} - \frac{r}{d\,r} = \frac{\rho}{\delta\,\rho} + \frac{\delta}{\delta\,\rho} - \frac{\delta\,n}{\delta\,\rho}$, oder $\frac{n}{r} - \frac{1}{r} - \frac{1}{d} = \frac{1}{\delta} + \frac{1}{\rho} - \frac{n}{\rho}$, oder (durch Verſetzung) $\frac{n}{r} - \frac{1}{r} + \frac{n}{\rho} - \frac{1}{\rho} = \frac{1}{d} + \frac{1}{\delta}$ oder $\frac{n-1}{r} + \frac{n-1}{\rho} = \frac{1}{d} + \frac{1}{\delta}$ welches die anfangs aufgeſtellte Gleichung iſt.

II. Aus der eben entwickelten Gleichung iſt es nun leicht, für jede Glaslinſe ihre Brennweite zu finden. Sollen die aus S auffallenden Strahlen mit der Achſe parallel ſeyn: ſo muß $d = \infty$ genommen werden. Mithin iſt $\frac{1}{d} = \frac{1}{\infty} = 0$, mithin $\frac{1}{\delta} = \frac{n-1}{r} + \frac{n-1}{\rho}$; $\delta$ heißt in dieſem Falle f. — Es iſt alſo $\frac{1}{f} = \frac{n-1}{r} + \frac{n-1}{\rho} =$

$\frac{(n-1)\,\rho + (n-1)\,r}{r\,\rho}$, daher $f = \frac{r\,\rho}{(n-1)\,r + (n-1)\,\rho} = \frac{r\,\rho}{(n-1)\,(r+\rho)}$. Iſt der Brechungsexponent für Glas $n = \frac{3}{2}$, alſo $n - 1 = \frac{3}{2} - 1 = \frac{1}{2}$, ſo iſt für Glas $f = \frac{r\rho}{\frac{1}{2}(r+\rho)} = \frac{2\,r\,\rho}{r+\rho}$.

Die Anwendung auf die ſechs verſchiedenen Gattungen von Linſen iſt nun gleichfalls leicht; nur darf nicht vergeſſen werden, daß bloß der Halbmeſſer einer convexen Krümmung poſitiv, jeder Halbmeſſer einer concaven dagegen negativ geſetzt werden muß, der Halbmeſſer einer ebenen Fläche aber $= \infty$ iſt. Mithin iſt

a) für eine biconvexe Linſe $f = \frac{2\,r\,\rho}{r+\rho}$, und für den Fall, daß $r = \rho$ iſt, $= \frac{2\,r^2}{2\,r} = r$;

b) für eine planconvexe iſt $f = \frac{2\,r\,\infty}{r+\infty} = \frac{2\,r\,\infty}{\infty} = 2\,r$;

c) für einen Meniſkus iſt $f = \frac{2\,r\,\rho}{r-\rho}$. Denn hier iſt die weniger gekrümmte Fläche, mithin die von dem größeren Krümmungshalbmeſſer hohl. Nennet man dieſen r, ſo wird r negativ geſetzt, alſo $f = \frac{2\,(-r)\,\rho}{-r+\rho} = \frac{-2\,r\,\rho}{-r+\rho} = \frac{-2\,r\rho\,(-1)}{-r+\rho\,(-1)} = \frac{2\,r\rho}{r-\rho}$;

d) für eine biconcave Linſe iſt $f = \frac{2\,(-r)\times(-\rho)}{-r-\rho} = \frac{2\,r\,\rho}{-1\,(r+\rho)} = -\frac{2\,r\,\rho}{r+\rho}$ (und für den Fall, daß $r = \rho$ iſt) $= -\frac{2\,r^2}{2\,r} = -r$;

e) für eine planconcave Linſe iſt $f = \frac{2\,(-r)\,\infty}{-r+\infty} = -\frac{-2\,r\,\infty}{\infty} = -2\,r$;

f) für eine convexconcave Linſe iſt $f = \frac{-2\,r\,\rho}{r-\rho}$. Hier iſt nähmlich die mehr gekrümmte Fläche hohl, alſo von einem kleineren Krümmungshalbmeſſer. Nennt man dieſen $\rho$, ſo wird $\rho$ negativ geſetzt, mithin $f = \frac{2\,r\,(-\rho)}{r-\rho} = \frac{-2\,r\,\rho}{r-\rho}$.

Vergleicht man alle dieſe Ausdrücke mit einander: ſo findet ſich, daß f bey den biconvexen Linſen gleich iſt dem für die biconcaven, bey

den planconvexen gleich dem für die planconcaven, bey den concav-convexen gleich dem bey den convexconcaven. Nur hat er für die erſten drey einen poſitiven, für die letzteren drey einen negativen Werth.

III. Iſt die Brennweite f bekannt: ſo läßt ſich die Bildweite $\delta$, oder die Entfernung des Vereinigungspunctes der aus einem Puncte der Achſe auffallenden Strahlen nach ihrer Brechung finden; man braucht nur d zu wiſſen. Es iſt nähmlich $\delta = \frac{df}{d-f}$. Denn nach dem Obigen iſt $\frac{1}{f} = \frac{n-1}{r} + \frac{n-1}{\rho}$. Es iſt aber auch $\frac{1}{d} + \frac{1}{\delta} = \frac{n-1}{r} + \frac{n-1}{\rho}$. Mithin iſt $\frac{1}{f} = \frac{1}{d} + \frac{1}{\delta} = \frac{\delta + d}{d\delta}$, daher $f = \frac{d\delta}{d+\delta}$. Mithin $d\delta = df + \delta f$, mithin $df = d\delta - f\delta = \delta\,(d-f)$. Alſo $\delta = \frac{df}{d-f}$. Man kann ſo für jede Entfernung d die Bildweite $\delta$ beſtimmen. Die im §. 772. durch Verzeichnung angegebenen Fälle ſind folgende:

1. Der leuchtende Punct iſt in einer unendlichen Entfernung, mithin $d = \infty$; dann iſt $\delta = \frac{\infty f}{\infty - f} = \frac{\infty f}{\infty} = f$, d. h. das Bild erſcheint im Brennpuncte.

2. Es iſt $d = 2f$, dann iſt $\delta = d$, denn $\delta = \frac{df}{d-f}$ iſt dann $\frac{2f^2}{2f-f} = \frac{2f^2}{f} = 2f = d$.

3. Es iſt d größer oder kleiner als 2 f. Dann iſt $\delta$ im erſten Falle kleiner, im zweyten größer als d. Geſetzt die Entfernung des leuchtenden Punctes wäre 12 Zoll, die Brennweite der Linſe = 4 Zoll; ſo iſt $\delta$ die Entfernung des Bildes $= \frac{12.4}{12-4} = 6$. Für den zweyten Fall ſey $d = 6$ Zoll, $f = 4$ Zoll, dann iſt $\delta = \frac{6.4}{6-4} = 12$ Zoll.

Überhaupt nimmt $\delta$ zu, wenn d abnimmt, nähmlich je näher der leuchtende Punct zur Linſe tritt, deſto mehr rücket das Bild aus dem Brennpuncte von der Linſe weg. Es wird endlich der Fall eintreten, wo Bild und Gegenſtand gleich weit von der Linſe entfernt ſind, und dieſes iſt der Fall Nr. 2, wenn $d = 2f$ iſt.

5. Kommt der leuchtende Punct in den Brennpunct, iſt mithin $d = f$: ſo iſt $\delta = \frac{df}{d-f} = \frac{f^2}{0} = \infty$, d. h. das Bild iſt in

unendlicher Entfernung, erſcheint mithin nirgends, oder die Strahlen ſind parallel.

6. Es iſt d kleiner als f; dann wird die Differenz d — f negativ, mithin hat $\delta = \frac{d\,f}{d - f}$ einen negativen Werth, d. h. es erſcheint kein phyſiſches Bild, ſondern die Strahlen bleiben divergent. Geſetzt es wäre d = 3 Zoll, f = 4 Zoll, ſo iſt $\delta = \frac{3.4}{3 - 4} = \frac{12}{-1} =$ — 12 Zoll.

7. Alle bisherigen Fälle betrafen parallele und divergente Strahlen. Was geſchieht aber mit convergenten? Dieſe würden in ihrem Fortgange ſich in irgend einem Puncte ſchneiden. Die Entfernung dieſes Durchſchnittspunctes von der Linſe iſt hier = d zu ſetzen, dieſes d aber negativ zu nehmen. Dann gilt dieſelbe oben angegebene Formel, und es iſt $\delta = \frac{-\,d\,f}{-\,d - f} = \frac{-\,d\,f}{-\,d - f} \times \frac{-1}{-1} = \frac{d\,f}{d + f}$, welcher Bruch immer einen poſitiven Werth hat. Aus einem und demſelben Puncte können übrigens, wie ſich von ſelbſt verſteht, keine convergenten Strahlen kommen, es ſey denn, daß ſie früher divergent auf eine andere Linſe aufgefallen, und durch dieſe convergent geworden ſind.

8. Wir haben bisher von convexen Linſen geſprochen; dasſelbe gilt auch von den concaven, nur wird hier f immer negativ geſetzt. Mithin iſt hier $\delta = \frac{-\,d\,f}{d + f}$, hat immer einen negativen Werth, und eine ſolche Linſe bewirkt nie ein phyſiſches Bild, wie von ſelbſt erhellet.

IV. Wir haben bisher immer angenommen, der ſtrahlende Punct ſey in der Achſe. Iſt er nun außer derſelben aber nicht weit von ihr entfernt, z. B. in a (Zeichn. 248.), ſtatt in a (ſo daß der Winkel, unter dem der Hauptſtrahl die Achſe ſchneidet, nur klein iſt): ſo kann dieſer Hauptſtrahl als ein ohne Brechung durchgehender angeſehen werden, und alle mit ihm auffallenden Strahlen werden ſich in $\alpha$ ſchneiden und dort ein Bild geben, welches eben ſo weit von der Linſe entfernt iſt als das Bild n′ des Punctes n. Es gilt alſo die Formel $d = \frac{d\,f}{d - f}$ auch für die Bildweite eines Punctes außer der Achſe.

V. Aus III. und IV. läßt ſich nun auch für das Bild eines ganzen Objectes beſtimmen: 1. Die Entfernung desſelben, 2. ſeine Lage, 3. ſeine Größe. — Die Entfernung iſt dieſelbe, wie die eines einzelnen Punktes, bedarf mithin keiner weiteren Erörterung. Seine

Lage hängt davon ab, ob das Bild ein phyſiſches iſt, oder ein ideelles. Das erſte iſt natürlicher Weiſe geſtürzt, das zweyte aufrecht. Das phyſiſche findet Statt, wenn d größer iſt als f; das ideelle, wenn d kleiner iſt, wie ſchon aus dem Früheren klar iſt. — Die Größe des Bildes endlich hängt ab von dem Verhältniſſe der Größen d und δ. Wie demnach δ gegen d zunimmt oder abnimmt, wächſt oder nimmt ab die Größe des Bildes; Bild und Gegenſtand haben mithin dieſelbe Größe, wenn $\delta = d$, wenn alſo $d = 2f$ iſt.

VI. Wir haben bisher aus der Grundformel vorzüglich den Werth von δ geſucht, und die übrigen Größen als gegeben angenommen. Man ſieht indeſſen, daß der Werth einer jeden ſich beſtimmen laſſe. So findet man z. B. den Brechungsexponenten n für das Glas, aus dem eine Linſe geſchliffen iſt, wenn der Krümmungshalbmeſſer derſelben, nebſt ihrer Brennweite bekannt iſt. Denn aus der Gleichung $\frac{1}{f} = \frac{n-1}{r} + \frac{n-1}{\rho} = \frac{(n-1)(r+\rho)}{r\rho}$ ergibt ſich $\frac{r\rho}{f} = (n-1)(r+\rho)$, mithin $n-1 = \frac{r\rho}{f(r+\rho)}$. Für den Fall, wenn $r=\rho$ iſt, iſt $n-1 = \frac{r}{2f}$; endlich, wenn die Linſe planconvex, mithin $\rho = \infty$ iſt, iſt $n-1 = \frac{r}{f}$. Auch laſſen ſich verſchiedene Aufgaben mittelbar löſen; es läßt ſich z. B. eine Linſe von beſtimmten Krümmungen in eine von andern Krümmungen verwandeln ohne Änderung der Brennweite. Geſetzt eine biconvexe Linſe von ungleichen Krümmungen ſey zu verwandeln in eine, bey welcher $r=\rho$ iſt. Dieſes neue $r'$ iſt zu ſuchen. Dasſelbe muß werden $= \frac{2r\rho}{r+\rho}$, welches aus II. a. folgt. Es iſt dann jenes $f = \frac{2r'r'}{2r'} = r'$. — Soll die Linſe planconvex werden: ſo iſt $r' = \frac{1}{2} f$ (nach II. b.) u. d m.

### Hypothetiſche Anſichten über die Erſcheinungen der Brechung.

§. 781. Nach der Emanationshypotheſe ſucht man die Brechung des Lichtes daraus zu erklären, daß man annimmt, das ſtärker brechende Mittel äußere eine ſtärkere Anziehung gegen das Licht, als das ſchwächer brechende, und dieſe Anziehung wirke ſchon auf eine ſehr kleine, doch unbeſtimmte Entfernung. Geſetzt nun, ein in dem ſchwächeren Mittel befindliches Lichttheilchen nähere

ſich dem ſtärker brechenden Mittel, und die Richtung ſeiner Bewegung ſey ſenkrecht auf die Scheidungsfläche beyder Mittel: ſo wird durch die Anziehung des zweyten die Geſchwindigkeit des Theilchens vermehrt, die Richtung aber bleibt ungeändert. Iſt aber die Richtung des ankommenden Lichttheilchens ſchief gegen die Scheidungsfläche: ſo wird auch die Richtung geändert. Denn eben darum, weil es gegen das zweyte Mittel nun ſtärker hingezogen wird, muß es allmählich der perpendiculären Richtung näher gebracht werden, das heißt, es wird zum Einfallslothe gebrochen. Iſt das Lichttheilchen aber in das zweyte Mittel wirklich eingetreten: ſo wird es jetzt nach allen Richtungen gleich ſtark angezogen; die Wirkungen dieſer Anziehungen heben demnach einander gegenſeitig auf, und das Lichttheilchen geht nach dem Geſetze der Beharrung (§. 56.) in der Richtung fort, die es ſo eben hat. — Das Gegentheil findet Statt, wenn die Anziehung des zweyten Mittels (das Streben desſelben, das Lichttheilchen in ſich aufzunehmen) ſchwächer iſt als die Anziehung des Mittels, aus dem es ankömmt. Hier wird das ſenkrecht auf die Scheidungsfläche beyder Mittel anlangende Lichttheilchen ſeine Geſchwindigkeit vermindern. Kommt es aber ſchief an: ſo muß auch die Richtung geändert, es muß nähmlich das Lichttheilchen von der perpendiculären Linie mehr oder weniger entfernt werden, d. h. es wird vom Einfallslothe gebrochen. — Nach der Vibrationshypotheſe nimmt man an, daß der überall verbreitete Äther in den ſtärker brechenden Körpern eine größere Dichte habe, als in den ſchwächer brechenden. Kommt mithin die Lichtwelle an die Scheidungsfläche zweyer Mittel ſenkrecht an: ſo wird auch hier nicht die Richtung der Bewegung, nur die Geſchwindigkeit geändert, und zwar in dem dichteren Äther vermindert, in dem dünneren vermehrt; ſo wie auch die Geſchwindigkeit des Schalles in einer dichteren Luftart kleiner iſt, als in einer dünneren, vorausgeſetzt die Elaſticitäten ſind gleich. Iſt dagegen die Richtung der ankommenden Welle ſchief gegen die Scheidungsfläche: ſo dringet der eine Theil derſelben früher ein, als der andere. Iſt nun in dem zweyten Mittel der Äther dichter: ſo wird der zuerſt eindrin-

gende Wellentheil verzögert; die Welle wendet ſich mithin ſo, daß die Richtung des ſchiefen Strahles der ſenkrechten ſich nähert. Iſt dagegen im zweyten Mittel der Äther dünner: ſo wird die Geſchwindigkeit des eindringenden Wellentheils vermehrt, während die andern Theile noch mit der früheren Geſchwindigkeit fortgehen; die Welle wendet ſich mithin ſo, daß die Richtung des Strahles von der ſenkrechten noch mehr unterſchieden wird, als früher. Man ſieht, daß nach dieſer Anſicht die Brechung zum Einfallslothe durch Verminderung, die vom Einfallslothe durch Vermehrung der Geſchwindigkeit bewirket werde. —

Ferner ergibt ſich, daß die Brechung des Lichtes erklärt werden könne, wenn man auch die Lichtwellen ſich ganz ähnlich den Schallwellen denket und ſie in Verdichtungen und Verdünnungen beſtehen läßt; daß man alſo die im §. 722. Zuſ. angeführte Hülfshypotheſe hierüber ſo wenig nöthig hätte, wie bey der Zurückſtrahlung. Daß man indeſſen auch nach dieſer Hülfshypotheſe von Wellen und ihrer Fortſchreitung ſprechen könne, iſt bereits gleichfalls dort gemeldet worden.

Erläuterungen.

A. Für die Emanationshypotheſe. Es ſey r s (Zeichn. 257.) die Scheidungsfläche beyder Mittel; bis m n reiche die Wirkungsſphäre des untern, bis p q die Wirkungsſphäre des obern. Es komme ein Lichttheilchen in der Richtung a b in b an: ſo ſollte es an und für ſich in derſelben Richtung und mit der Geſchwindigkeit fortgehen, die es eben hat; es ſollte alſo in einer gewiſſen Zeit etwa den Weg b d zurücklegen. Geſetzt nun, das zweyte Mittel ſey das ſtärker brechende: ſo wird beym Eintritte in die gemeinſchaftliche Wirkungsſphäre das Lichttheilchen ſtärker gegen das zweyte Mittel gezogen, als es vom erſten zurückgehalten wird, es wird demnach anſtatt in der Richtung b d nach dem Beharrungsgeſetze fortzugehen durch den Unterſchied der Anziehungen beyder Mittel in der Richtung b c getrieben, mithin von dem Wege b d etwas abgelenket. Und da die Ablenkung in jedem Augenblicke wiederhohlt, mithin immer größer wird: ſo muß es eine krumme Linie beſchreiben, etwa die Krumme b f. Hat es aber in f die Sphäre der gemeinſchaftlichen Anziehungen überſchritten: ſo geht es aus dem im §. 781. gemeldeten Grunde geradlinig fort. — Ge-

ſetzt aber, das Licht trete aus einem ſtärker brechenden Mittel in ein ſchwächer brechendes: ſo muß das Gegentheil Statt finden. Es ſey die Geſchwindigkeit des Lichttheilchens = a b (Z. 258), es ſollte mit derſelben Geſchwindigkeit in der Linie b d fortgehen. Da es aber zugleich durch den Unterſchied der Anziehungen beyder Mittel in der Richtung b c getrieben wird: ſo wird es von ſeinem Wege immerfort etwas abgelenket, beſchreibt daher ebenfalls eine Krumme, bis es außer der Sphäre der gemeinſchaftlichen Anziehungen jenſeits p q ſich befindet, wo es dann nach der Tangente der beſchriebenen krummen Linie geradlinig fortgeht.

Da übrigens die Wirkungsſphäre äußerſt klein genommen werden muß: ſo läßt ſich die Änderung des Weges auch in einem Puncte geſchehend betrachten. Dafür dienen die Zeichn. 259. A und B. In beyden iſt des Lichtſtrahles s a normale Geſchwindigkeit a m, die parallele a n. Dieſe letztere bleibt ungeändert, die erſtere wird aber in A größer, wo das zweyte Mittel ein ſtärker brechendes iſt, oder es wird a r > a m. In B aber, wo das zweyte Mittel ein ſchwächer brechendes iſt, wird die normale Geſchwindigkeit kleiner, a r < a m; der Weg des Lichtes in beyden iſt a t. Es läßt ſich ferner leicht einſehen, daß nach dieſer Annahme der Sinus des Einfallswinkels ein gewiſſes Verhältniß zum Sinus des Brechungswinkel haben müſſe, und immer dasſelbe, wenn beyde brechende Mittel dieſelben ſind. Denn man nehme in beyden Zeichnungen s a = a t, ſo iſt s d = *sin.* s a d = *sin.* m a o = *sin.* e, und r t = *sin.* r a t = *sin.* b.

B. Für die Vibrationshypotheſe. Man denke ſich die Lichtwellen kommend aus einem ſehr entfernten leuchtenden Puncte s′ (Zeichn. 260), ſo daß kleine Theile derſelben als unmerklich gekrümmte Kreisbögen, mithin als gerade Linien A B, a b, a′ b′ können vorgeſtellt werden. Wir wollen nun die Welle A B betrachten. Indem das Theilchen A die Scheidungsfläche trifft, kann es nicht die vorige Geſchwindigkeit behalten, da unter der Fläche ein dichterer Äther liegt; es wird alſo während der Zeit, als es einen gewiſſen Weg, etwa den = A m machen ſollte, einen kleinern machen. Man kann ſich die Sache ſo vorſtellen, als ob hier dem Eindringen ein Hinderniß entgegenſtünde, wodurch mithin die perpendiculäre Geſchwindigkeit verkleinert würde, während der mit der Fläche parallele Weg derſelbe bleibt. Mithin wollen wir die Bewegung A m in die zwey Bewegungen a p und a q zerlegen, und nach dem Eindringen die zweyte kleiner, etwa = a r ſetzen; dann iſt des Theilchens A neuer Weg = a t. Indeſſen hat ein anderes Theilchen der Welle A B, welches mit ſeiner vorigen Geſchwindigkeit im erſten Mittel fortgeſchrit-

ten iſt, den mit A m parallelen und gleichen Weg c u vollendet; die Welle hat mithin, ſo weit ſie im zweyten Mittel iſt, die Lage u′ t u erhalten, und was von dieſer Welle gilt, gilt von allen übrigen. Der Eindruck aber, den dieſe Welle macht (die Richtung ihrer Fortſchreitung), iſt ſenkrecht auf u′ t u, mithin A V, und ſo iſt der Strahl S A zum Einfallslothe L l gebrochen. Nimmt man A V = S A, ſo iſt S s der Sinus des Einfallswinkels, V v der Sinus des Brechungswinkels. Das Verhältniß beyder Sinus zu einander muß bey zwey beſtimmten Mitteln dasſelbe bleiben, mag der Einfallswinkel was immer für einer ſeyn; denn die Ablenkung der Lichtwelle geſchieht (dieſelben zwey Mitteln vorausgeſetzt) immer durch dieſelbe Änderung der perpendiculären Geſchwindigkeit. — Iſt das zweyte Mittel ein ſchwächer brechendes: ſo kommt die Lichtwelle in einem dünneren Äther an; hier wird die perpendiculäre Geſchwindigkeit größer, aus A q (Zeichn. 261) wird A r, der Weg des Theilchens wird A t, indeß ein Theilchen c im erſten Mittel den Weg c u macht. Die Welle hat nun im zweyten Mittel die Lage u′ t u, der Eindruck geſchieht nach der ſenkrechten A V, und der Strahl iſt vom Einfallslothe gebrochen. A V = S A geſetzt, iſt auch hier S s der Einfallsſinus und V v der Brechungsſinus.

Erläuterung des Ausdruckes für die Brechungskraft $= n^2 - 1$ (§. 763.) nach beyden Hypotheſen.

A. Nach der Emanationshypotheſe. Man erinnere ſich, daß nach dieſer Anſicht die Ablenkung des Lichtes zum oder vom Einfallslothe eine Folge der ſtärkeren oder ſchwächeren Anziehung des zweyten Mittels gegen das Licht ſey, und daß die perpendiculäre Geſchwindigkeit des auf die Scheidungsfläche beyder Mittel ſchief ankommenden Lichttheilchens vergrößert werde, wenn das zweyte ein ſtärker anziehendes (ſtärker brechendes) iſt. Dieſe perpendiculäre Geſchwindigkeit ſey in dem erſten Mittel = 1, in dem zweyten = c, dann verhält ſich natürlicher Weiſe $1 : c = \mathit{sin.}\, b : \mathit{sin.}\, e$, und es iſt demnach $c = \frac{\mathit{sin.}\, e}{\mathit{sin.}\, b}$. Da nun die Anziehungen beſchleunigende Kräfte ſind: ſo verhalten ſie ſich wie die zweyten Potenzen der bewirkten Geſchwindigkeiten. Die Geſchwindigkeit im zweyten Mittel = c kann aber als eine durch beyde Mittel hervorgebrachte angeſehen werden, indem das Lichttheilchen in das zweyte Mittel ſchon mit der Geſchwindigkeit = 1 eintritt, und dieſe hier erſt = c wird. Setzet man nun die brechende Kraft des erſten Mittels = 1, die des zweyten = k, ſo iſt $1 : 1 + k = 1^2 : c^2$, mithin $k = c^2 - 1$.

und alſo auch $= \frac{sin.\, e^2}{sin.\, b^2} - 1$. Da ferner ein und eben daſſelbe Mittel das Licht deſto ſtärker bricht, je dichter es iſt: ſo iſt von ſelbſt klar, daß man jenen Ausdruck für das Brechungsvermögen (nähmlich den Ausdruck $\frac{sin.\, e^2}{sin.\, b^2} - 1$) durch den Zahlausdruck der Dichte dividiren müſſe, um das Brechungsvermögen eines Mittels, in ſofern es nicht von der Dichte, ſondern von ſeiner ſpeciellen Wirkungsweiſe auf das Licht beſtimmet wird, zu erhalten.

B. Nach der Vibrationshypotheſe. Auch hier bezeichnet $n : 1$ das Verhältniß der Sinus, mithin das Verhältniß der perpendiculären Geſchwindigkeiten des Lichtes in beyden Mitteln; nur daß hier $n < 1$ in demjenigen Falle iſt, wo im Emanationsſyſteme $n > 1$ iſt; d. h. durch Verminderung der perpendiculären Geſchwindigkeit wird nach der einen Anſicht dieſelbe Brechung herbeygeführt, die nach der andern Anſicht eine Folge der Vermehrung jener Geſchwindigkeit iſt. Hier wie dort iſt aber $n = \frac{sin.\, e}{sin.\, b}$. Will man nun einen Ausdruck für die Urſache dieſer Wirkung, die in beyden Fällen durch n bezeichnet wird, ſo muß dieſer als der Ausdruck einer ſtätigen Kraft in beyden Fällen ſeyn $= n^2 - 1$.

## D. Doppelte Strahlenbrechung.

§. 782. Es gibt, wie ſchon §. 764. iſt erwähnt worden, viele durchſichtige Körper, welche die Eigenſchaft haben, daß die durch dieſelben geſehenen Gegenſtände doppelt erſcheinen. Man nennt die Urſache dieſes Phänomens doppelte Strahlenbrechung und ſtellt ſich vor, daß ein Lichtſtrahl, der durch einen ſolchen Körper geht, in zwey Strahlen ſich theile, davon der eine die gewöhnliche Brechung erleidet, der andere die ſogenannte ungewöhnliche nach einem eigenen Geſetze. Unter den hierher gehörigen Körpern iſt der kryſtalliſirte Kalkſpath, welchen man wegen dieſer Erſcheinung Doppelſpath (auch wohl den Isländiſchen) nennet, am meiſten und längſten bekannt. Man bedient ſich am bequemſten zu Verſuchen ſolcher Stücke, welche erhalten werden, wenn man größere Maſſen davon ſo theilt, daß jede der ſechs rautenförmigen Flächen, die den Kryſtall begränzen, rein erſcheint. Dieſe Stücke ſind Rhomboëder.

Um die gedachten Erſcheinungen genauer anzugeben, müſſen wir vorerſt über einige Ausdrücke uns verſtändigen. Man nennet (Zeichn. 262.) die optiſche Achſe des Kryſtalles (oder die Achſe der doppelten Brechung) die Linie a a', welche von dem einen ſtumpfen körperlichen Winkel desſelben zu dem andern gezogen gedacht wird. Hier wird (wie ſchon iſt erinnert worden) vorausgeſetzt, daß der rhomboidale Kalkſpathkryſtall von ſechs vollkommenen Rauten begränzt werde. — Ein durch den Kryſtall gedachter Schnitt a b a' b', welcher eine ſolche Lage hat, daß er den ſtumpfen Winkel a der Seitenflächen halbirt, heißt der **Hauptſchnitt** des Kryſtalls. Er iſt (wie man ſieht) ein Parallelogramm; die kürzere Diagonale desſelben iſt jene ſchon angegebene Achſe a a'. — Doch muß (um Mißverſtändniſſe zu verhüten) noch Folgendes hinzugefügt werden. Die hier angezeigte Achſe iſt eine einzelne durch den Kryſtall gehende Linie, die mithin eine beſtimmte Stelle einnimmt. Jede mit ihr parallele Linie aber iſt eben ſo gut eine Achſe in Beziehung auf den Punct, welchen der Lichtſtrahl trifft. Denn für jedes größere oder kleinere rhomboëdriſche Theilchen wird die Achſe auf dieſelbe Weiſe beſtimmt. So iſt (Zeichn. 263.) c d die Brechungsachſe für den Punct , e f für den Punct e. Alle dieſe Achſen ſind natürlich parallel mit a b, welche mithin nur eine **beſtimmte Richtung** angibt, nicht eine beſtimmte **Linie**.

Die Seitenflächen eines Stückes Doppelſpath können gleichſeitige Rauten ſeyn, oder ungleichſeitige (Zeichn. 264.). Nur im erſtern Falle zeigt die von dem einen ſtumpfen Körperwinkel bis zum andern gezogene Linie die Achſenrichtung an. — In dem letzten Falle iſt a c d b der Hauptſchnitt und a d die Achſenrichtung. — Jeder ſtumpfe Winkel der ſechs Rauten iſt übrigens = 101° 32' 13'', jeder ſpitzige = 78° 27' 47''. Der Neigungswinkel der Seitenflächen an den ſtumpfen Kanten des Kryſtalles iſt = 105° 5', an den ſpitzigen 74° 55'.

§. 783. Die Erſcheinungen der doppelten Strahlenbrechung in Beziehung auf die Brechungsachſe des Doppelſpathes ſind folgende: 1) wenn die brechenden Flächen des Kryſtalles auf die Brechungsachſe ſenkrecht ſind, ſo erſcheint der dadurch in ſenkrechter Richtung geſehene Gegenſtand einfach; — 2) wenn die

brechenden Flächen mit der Brechungsachſe parallel ſind, erſcheint der in ſenkrechter Richtung geſehene Gegenſtand ebenfalls einfach; — 3) wenn die brechenden Flächen was immer für einen ſchiefen Winkel mit der Brechungsachſe bilden, ſo erſcheint der Gegenſtand verdoppelt. Nur dieſer dritte Fall hat Statt beym natürlichen Kryſtall. — Um ſich von den Ergebniſſen aller drey genannten Fälle zu überzeugen, dient folgendes Verfahren.

Es werde für den erſten Fall jede der zwey Ecken, an welchen ſich die ſtumpfen Körperwinkel des Kryſtalls befinden, ſo abgeſchliffen, daß man zwey entgegengeſetzte Flächen bekömmt, welche die Achſe ab unter einem rechten Winkel ſchneiden (Zeichn. 265). Man lege eine dieſer Flächen über einen auf weißes Papier gezeichneten Tupf, und ſehe durch den Kryſtall ſo, daß das Auge ſenkrecht über dem gedachten Tupfe gehalten werde. Man wird ihn nun einfach erblicken.

Für den zweyten Fall ſchneide man künſtlicher Weiſe den Kryſtall ſo, daß zwey entgegengeſetzte brechende Ebenen entſtehen, welche beyde eine mit der Achſe parallele Lage haben; auch hier wird ein auf gleiche Weiſe betrachteter Punct einfach erſcheinen. In der Zeichn. 266. iſt ab die Achſe.

Für den dritten Fall lege man den Kryſtall mit einer ſeiner natürlichen Theilungsflächen über den ſchwarzen Punct, und man wird dieſen immer doppelt ſehen. — Er wird aber auch in dem erſten und zweyten Falle doppelt erſcheinen, wenn das Auge nicht ſenkrecht über demſelben ſich befindet; und zwar wird das zweyte Bild von dem Hauptbilde deſto entfernter ſeyn, je ſchiefer die Richtung iſt, nach welcher der Punct angeſehen wird. — Aus dieſen Verſuchen erhellet, daß der durch den Kryſtall gehende und in das Auge gelangende Strahl entweder mit der Achſe parallel ſeyn, oder mit ihr einen rechten Winkel bilden müſſe, wenn der Gegenſtand einfach erſcheinen ſoll, daß dagegen in jedem andern Falle eine Verdoppelung Statt findet.

Abgeänderte Verſuche. Man ziehe auf einem weißen Papiere eine hinlänglich lange Linie mit Tinte. Man lege über dieſe Linie den Kryſtall ſo, daß die große Diagonale ſeiner Grundfläche (nähmlich die einen ſpitzigen Winkel derſelben halbirende Linie) mit der

Richtung jener aufgezeichneten Linie parallel iſt. Man wird zwey Bilder der letzteren erblicken, und dieſe werden in dem angegebenen Falle ihre größte Entfernung haben.

Man drehe nun den Kryſtall, und ein Bild wird ſich dem andern nähern; ſie werden endlich über einander fallen, und es wird daher nur eine Linie geſehen werden. Dieß wird erfolgen, wenn die Linie mit der kleinern Diagonale (d. i. mit der einen ſtumpfen Winkel der Grundfläche halbirenden Linie) zuſammenfällt. Dreht man nun den Kryſtall noch mehr, ſo gehen die Bilder wieder aus einander, und ihre Entfernung hat wieder das Maximum erreicht, wenn die Lage der Linie mit der größern Diagonale zuſammenfällt.

Man kann bey dem eben beſchriebenen Verſuche leicht unterſcheiden, welches der Bilder von der gewöhnlichen und welches von der ungewöhnlichen Brechung herkömmt. Man ziehe zu dieſem Ende jene Linie hinlänglich lang, damit, wenn der Kryſtall darüber gelegt wird, ein Theil derſelben noch hervorrage. Man zeichne ferner allenfalls einen kleinen Kreis über die gedachte Linie, ſo daß ſein Mittelpunct ſich in der letztern befinde. Hat man nun den Kryſtall ſo darüber gelegt, daß die gezeichnete Linie mit der Richtung der kleinern Diagonale der untern Fläche dieſelbe Lage hat: ſo ſieht man nur ein Bild der Linie, aber zwey Bilder des Kreiſes. Das nähere an dem ſtumpfen Körperwinkel, den die Grundfläche des Kryſtalls und die daran liegenden Flächen bilden, iſt das von der ungewöhnlichen Brechung hervorgebrachte. Um ſich davon zu überzeugen, braucht man nur den Kryſtall zu drehen, bis die gedachte Linie (wie oben) mit der großen Diagonale parallel iſt. Wird jetzt das Auge ſenkrecht über der obern Fläche des Kryſtalls gehalten: ſo ſieht man zwey Kreiſe und zwey Linien im Kryſtalle, die eine, welche mit der außer dem Kryſtalle ſich befindenden Verlängerung zuſammenfällt, und die andere näher gegen den ſtumpfen Körperwinkel. Die erſte ſieht man offenbar an ihrem wahren Orte; man ſieht ſie nach dem Geſetze der gewöhnlichen Brechung, indem die aus ihr ausgehenden Strahlen ſenkrecht durch zwey parallele Flächen des Kryſtalls, alſo ungebrochen durchgehen, um ins Auge zu gelangen. Das zweyte, näher gegen den ſtumpfen Körperwinkel gelegene Bild iſt dagegen ein Erzeugniß der ungewöhnlichen Brechung. Den Kreis ſieht man natürlicher Weiſe immer doppelt. —

§. 784. Übrigens haben dieſe Erſcheinungen nicht bloß im Doppelſpathe, ſondern auch in vielen andern Kryſtallen (eben ſo auch in noch andern Körpern) Statt. Bey den meiſten Kryſtallen hat

aber die optiſche Achſe eine auf die äußern Kryſtallflächen ſenkrechte oder mit ihnen parallele Lage, daher die Gegenſtände durch dergleichen Kryſtalle betrachtet einfach erſcheinen. Bekommen ſie aber durch einen künſtlichen Schnitt neue Flächen, deren Lage gegen die Achſe ſchief iſt: ſo zeiget ſich auch bey ihnen die Verdoppelung.

Alle kryſtalliſirten Körper üben die doppelte Strahlenbrechung, wenn ſie nicht folgende Körpergeſtalten haben: Würfel, Octaeder, Rhomboidaldodecaeder. — Ferner gehören hierher alle animaliſchen und vegetabiliſchen Materien, die eine Neigung zu einer regelmäßigen Anordnung ihrer Theilchen haben, z. B. Horn, Perlmutter, Federſpulen ꝛc.; endlich alle Körper, die in einem ungleichen Zuſtande der Zuſammendrückung oder Ausdehnung ſich befinden. — Unter den Kryſtallen mit doppelter Strahlenbrechung gibt es auch ſolche, welche zwey optiſche Achſen haben; in dieſen wird der Strahl in zwey Strahlen getheilt, davon jeder auf ungewöhnliche Art gebrochen wird.

Es gibt in den Kryſtallen offenbar eine Übereinſtimmung ihrer geometriſchen mit ihren optiſchen Achſen. Manche Kryſtallgeſtalten ſind von der Art, daß eine beſtimmte Linie als einzige Achſe hervortritt, man nennt ſie einachſig. Ein ſolcher iſt z. B. der Doppelſpath; keine zweyte Linie in ihm iſt derjenigen gleich, die wir die Brechungsachſe genannt haben, und die auch ſeine geometriſche Achſe iſt. — Andere haben zwey geometriſche Achſen, wie z. B. das vierſeitige Prisma, deſſen Baſis ein Rhomboeder iſt (wie beym Topas). Man nennt ſie zweyachſige. Endlich gibt es Geſtalten, worin durchaus keine Linie als nur einmahl oder zweymahl vorkommend kann angeſehen werden; alle Linien nähmlich, die als Achſen ſich betrachten laſſen, kommen darin dreymahl vor, und ſchneiden einander rechtwinkelig (wie beym Würfel und dem Octaeder mit gleichſeitigen Dreyecken). Dieſe vielachſigen Kryſtalle bewirken keine doppelte Strahlenbrechung, wohl aber die ein- und zweyachſigen.

§. 785. Mehrere Naturforſcher haben ſich bemüht, das Phänomen der doppelten Strahlenbrechung zu erklären. Wie man hierbey nach den zwey hypothetiſchen Anſichten vom Lichte zu verfahren ſuche, davon ſoll ſpäter die Rede ſeyn. Als eine Erklärung ohne Hypotheſe, mithin bloß als Bild deſſen, was geſchieht, ſtelle man ſich vor, daß die geradlinige Wirkung der Lichtthätigkeit, welche wir einen Strahl nennen (§. 723.),

auf der Fläche des doppelt brechenden Kryſtalles (durch eine Urſache, die in der Structur der Kryſtalle liegen mag) in zwey Wirkungen zerlegt werde. Der Strahl (die Kraftlinie des Lichtes) wird mithin in zwey Strahlen geſpalten, davon der eine der gewöhnlichen Brechung zu Folge ſeinen Gang nimmt, der andere aber entweder von der durch den Einfallspunct gezogenen Achſe abgelenkt oder ihr zugelenkt wird. — Man hat die Körper, wo eine Ablenkung Statt hat, Körper mit repulſiver Achſe; diejenigen, wo eine Zulenkung beobachtet wird, Körper mit attractiver Achſe genannt.

Zur Verdeutlichung des Geſagten möge die Zeichn. 267. dienen. Es ſtelle A B A′ B′ die Ebene des Hauptſchnittes des Doppelſpathes vor. Es falle ein Strahl s t ſenkrecht auf; er wird in zwey Strahlen geſpalten; t g iſt der Weg des gewöhnlich gebrochenen (für den Fall des ſenkrechten Einfalls eigentlich ungebrochenen Strahles), t u der Weg des ungewöhnlich gebrochenen (von der Linie t a, welche die Achſe für den Punct t) iſt, abgelenkten. Fällt ein anderer Strahl s′ t oder ein dritter s″ t ſchief auf, ſo ſind auch hier die Richtungen t g′ und t g″ die Richtungen des gewöhnlich gebrochenen Strahltheiles, t u′ aber und t u″ die Richtungen des ungewöhnlich gebrochenen.

Die bisher betrachteten Fälle finden Statt, wenn ein Strahl auf eine der natürlichen Flächen eines Doppelſpathes fällt. Hat man aber von dem Kryſtalle Stücke weggeſchliffen, daß Flächen m n, p q (Zeichn. 265.) entſtanden ſind, welche ſenkrecht ſind auf der Achſe a a′, und fällt irgend ein Strahl s a oder s t ſenkrecht auf die Fläche m n, ſo erleidet er nicht nur keine gewöhnliche Brechung, ſondern auch keine ungewöhnliche, denn er iſt dann in der Achſe des Einfallspunctes, und kann mithin keine Ablenkung erleiden, denn dieſe müßte nach allen Richtungen Statt finden. Das geſehene Bild iſt demnach einfach (§. 783.). —

Dasſelbe findet Statt, wenn er ſenkrecht auf eine Fläche fällt, welche parallel mit der Achſe iſt, wie in der Zeichn. 266., wo die Stücke b m n, b′ p q abgeſchliffen wurden, um die mit der Achſe a a′ parallelen Flächen m n und p q zu erhalten. Ein ſolcher Strahl s t iſt ſenkrecht auf a a′ mithin auf jede mit a a′ parallele, und kann daher ebenfalls keine Ablenkung erleiden. — Wir haben uns bisher den einfallenden Strahl immer in der Ebene des Hauptſchnittes gedacht. Kommt aber der einfallende Strahl nicht in dieſer Ebene: ſo erleidet natürlicher Weiſe auch er eine Spaltung, und der Theil desſelben, welcher zum ungewöhnlich gebrochenen Strahle wird,

wird auch hier von der mit der Achſe parallelen Linie weggebrochen. — Übrigens erfährt der ungewöhnlich gebrochene Strahl, nachdem er den Kryſtall durchgegangen iſt, bey ſeinem Austritte in die Luft eine eben ſo große Ablenkung von ſeinem Wege, als diejenige war, die er beym Eintritte in den Kryſtall erlitten hat; nur geſchieht jene nach der entgegengeſetzten Richtung. Der ausfahrende Strahl iſt demnach mit dem einfallenden parallel, und mithin auch parallel mit dem gewöhnlich gebrochenen. Wenn in der Zeichn. 268. s t den einfahrenden Strahl, t g den gewöhnlich gebrochenen, t u den ungewöhnlich gebrochenen bedeutet: ſo iſt u p der ungewöhnlich gebrochene (nach dem eben Geſagten) parallel mit s t. Aber auch g q iſt (nach §. 767.) parallel mit s t. Alſo iſt u p auch parallel mit g q.

Wir haben hier die Brechung im Doppelſpathe betrachtet, in welchem der ungewöhnlich gebrochene Strahl von der Achſenrichtung abgelenkt wird; indeſſen iſt alles Geſagte auch leicht anwendbar auf Subſtanzen, wo eine Zulenkung dieſer Strahlen Statt findet. Um kurz zu ſeyn, wollen wir bloß ein Beyſpiel in der Zeichn. 269. beyfügen. Es falle hier ein Strahl s t auf die Fläche m n auf; die Richtung der Achſe ſey A A′ und mithin t a mit ihr parallel. Der gewöhnlich gebrochene Strahl nehme den Weg t g; ſo wird der Gang des ungewöhnlich gebrochenen t u ſeyn. Er iſt, wie man ſieht, der Achſe zugelenkt worden.

Wir haben oben (§. 783. Zuſ.) geſagt, daß ein Punct, über welchen man den Doppelſpath gelegt hat, verdoppelt erſcheine, und zwar ſo, daß das durch ungewöhnliche Brechung bewirkte Bild dem ſtumpfen Körperwinkel näher liegt. Wenn nun (Zeichn. 270.) a b a′ b′ den Hauptſchnitt vorſtellet: ſo erſcheint einem über dem Kryſtalle befindlichen Auge das von dem Puncte S durch ungewöhnliche Brechung bewirkte Bild näher an a′, das durch gewöhnliche Brechung bewirkte näher an b′. Um dieſe Erſcheinungen einzuſehen, denke man ſich einen von S ausgehenden Strahl S T; dieſer wird beym Eintritte in den Kryſtall zum Einfallslothe gebrochen, und geht etwa in der Richtung T G; hier wird er vom Einfallslothe gebrochen, und nimmt dann die Richtung G O. Befindet ſich in O ein Auge, ſo ſieht es das Bild vorerſt in der Richtung O G. Ferner wird der Strahl S T beym Eintritte geſpalten, und der ungewöhnlich gebrochene Theil von der mit der Achſe a a′ parallelen Linie T α abgelenket; gehet demnach etwa in der Richtung T U und von U in der mit G O parallelen U U′, gelanget alſo nicht in das Auge O. — Um ſo weniger kann durch ungewöhnliche Brechung ein Strahl nach O gelangen, der von S aus auf eine näher an a′

liegende Stelle auffällt, ſondern irgend ein Strahl, deſſen Einfalls-punct zwiſchen T und b′ liegt, etwa der Strahl S t, welcher durch gewöhnliche Brechung im Kryſtalle in der Richtung t g, außer ihm in der Richtung g g′ fortgehet. Er wird zugleich in t geſpalten, geht durch ungewöhnliche Brechung nach u, und hier parallel mit g g nach O. Das Auge in O ſieht demnach das durch ungewöhnliche Brechung bewirkte Bild nach der Richtung O u, alſo näher an a′, als das durch gewöhnliche Brechung bewirkte, welches in der Richtung O G geſehen wird. — Iſt die Linie, die ſich von dem Puncte S zum Auge O ziehen läßt, auf beyde Ebenen des Kryſtalls ſenkrecht, wie S O in der Zeichn. 271.: ſo ſieht das Auge das eine Bild durch den ſenkrechten, alſo ungebrochenen Strahl S T G O, mithin nach der Richtung O S, das zweyte Bild aber durch den ungewöhnlich gebrochenen Strahl S t u O, alſo nach der Richtung O u, alſo näher an a′, wie in dem vorigen Falle. Die Linien T U, U U′ und t g, g g′ haben dieſelbe Bedeutung wie in der Zeichn. 270.

Daß man die zwey Bilder wirklich durch Strahlen ſehe, die ſich im Innern des Kryſtalles kreuzen, läßt ſich mittelſt des folgenden Verſuches erkennen, welcher überdieß eine überraſchende Erſcheinung gibt. Man halte einen Doppelſpath dem Auge recht nahe, und betrachte durch ihn irgend einen Punct, etwa einen auf weißem etwas fern gehaltenen Papier gezeichneten ſchwarzen Tupf. Man wird zwey Bilder erblicken. Nun ſchiebe man an der untern Fläche des Kryſtalls ein Kartenblatt langſam von der einen Ecke gegen die andere hin. Man wird bemerken, daß nicht (wie man etwa erwartet) dasjenige Bild zuerſt verdeckt werde, welches in der Gegend des Kartenblattes liegt, ſondern das von dem Blatte mehr entfernte. Die Erklärung ergibt ſich leicht aus dem Geſagten. Wenn nähmlich in der Zeichn. 271. das Kartenblatt in der Richtung a′b′ kommt, ſo wird zuerſt der Strahl S T aufgefangen; aber gerade dieſer gibt für das Auge das Bild, welches in der Richtung O G, alſo näher an b geſehen wird.

Über die Erſcheinungen, welche Statt finden, wenn ein Kalkſpathrhomboëder auf das andere gelegt wird, wird an andern Orten geſprochen werden; eben ſo von Rochon's ſcharfſinniger Benützung der Doppelbilder zu einem Mikrometer.

§. 786. Hypothetiſche Anſichten über dieſe Erſcheinungen. Da die doppelte Strahlenbrechung und die ſogenannte Polariſirung des Lichtes in innigem Zuſammen-

hange ſtehen: ſo werden jene Anſichten über beyde Erſcheinungen gleichfalls in Verbindung gegeben werden.

Nur ſo viel ſoll einſtweilen bemerkt werden, daß dieſe beyden Erſcheinungen es ſind, welche zu der im §. 722. Zuſ. angeführten Hülfshypotheſe den Anlaß gegeben haben.

## E. Zerſtreuung des weißen in farbiges Licht.

§. 787. Farbige Erſcheinungen überhaupt. Die Hauptfälle, in denen wir Farben gewahr werden, ſind folgende: 1. Bemerken wir ſie an den leuchtenden Körpern ſelbſt. So zeigen, auch bey demſelben Zuſtande der Atmoſphäre, nicht alle Fixſterne dieſelbe Farbe; verſchiedene brennbare Körper haben verſchiedenfarbige Flammen ꝛc. — 2. Nehmen wir farbige Erſcheinungen wahr, wenn farbloſes (weißes) Licht durch durchſichtige, übrigens farbloſe Mittel gebrochen wird. Wir ſehen dergleichen ſchöne Farben in Diamanten und andern geſchliffenen Steinen, in geſchliffenen Gläſern, in Thautropfen ꝛc. Außer dieſen gibt es auch Farbenerſcheinungen, die ſcheinbar der Reflexion angehören. Sie zeigen ſich, wenn wir dünne Körper, z. B. einen dünnen Stahldraht, Haare, ein Spinnengewebe im Sonnenlichte betrachten u. d. m. — 3. Zeigen die Körper eine mehr oder weniger bleibende Farbe. —

Außer dieſen objectiven Farbenerſcheinungen gibt es ferner merkwürdige ſubjective, von denen an andern Orten die Rede ſeyn wird. Indeſſen ſollen auch aus den objektiven hier vorerſt nur diejenigen in Betrachtung gezogen werden, welche eine Folge der Brechung ſind.

§. 788. Verſuche. — Über die Farbenerſcheinungen durch Brechung hat beſonders Newton viele Verſuche angeſtellt, unter welchen folgende zu den vorzüglichſten gehören: 1. Durch eine kleine Öffnung eines Fenſterladens wurde in ein wohl verfinſtertes Zimmer ein Lichtkegel gelaſſen, und derſelbe in der Entfernung von etwa zehn Fuß mit einer weißen Tafel aufgefangen; hier erſchien natürlich ein rundes Sonnenbild. Nun wurde dieſer Lichtkegel mit einem dreyſeitigen gläſernen Prisma aufgefan-

gen, ſo daß der Hauptſtrahl desſelben ſchief auf die vordere Fläche des Prisma fiel: ſogleich erſchien das Sonnenbild an der weißen Tafel von ſeiner Stelle weggerückt, länglich und gefärbt. Die Farben, die es zeigte, waren folgende: roth, gelbroth, gelb, grün, lichtblau, dunkelblau, violett. Die der vorigen Stelle des Sonnenbildes nächſte Farbe war die rothe, die andern folgten in der hier angegebenen Ordnung. — Übrigens war dieſes Farbenbild, welches man das prismatiſche nennet, oben und unten mit krummen Linien begränzt. Denjenigen Winkel, welchen die zwey Seiten des Prisma bilden, durch welche das Licht durchgeht, nannten wir bereits oben §. 768. den brechenden Winkel. War der brechende Winkel w unten, ſo wurde das Bild aufwärts gerückt, wie dieſes in der Zeichn. 272. angedeutet wird, wo a b den einfallenden Lichtkegel, p w q den Durchſchnitt des Prisma, m n die weiße Tafel, v r das prismatiſche Bild und c das weiße runde Sonnenbild andeutet, welches erſchienen wäre, wäre das Prisma nicht zugegen geweſen. Wurde der brechende Winkel aufwärts gehalten: ſo erſchien das Farbenbild unter der Stelle des Sonnenbildes, und die Farben waren in umgekehrter Ordnung zu ſehen. — 2. Newton fing das ganze prismatiſche Bild mit einem Sammlungsglaſe auf, die Strahlen wurden convergirend, ſchnitten ſich in dem Brennpuncte desſelben, und fuhren hinter dieſem nothwendiger Weiſe aus einander, ſo daß ſie auf einer hinter dieſem Brennpuncte gehaltenen weißen Tafel ein Farbenbild gaben, in welchem die Ordnung der Farben umgekehrt war. Wurde aber dieſe Tafel in den Brennpunct ſelbſt geſtellt: ſo erſchien ein kleines, in der Mitte vollkommen weißes kreisförmiges Sonnenbild. In der Zeichn. 273. bedeutet a b den Lichtkegel, p das Prisma, l das Sammlungsglas, c das kreisförmige Sonnenbild auf der Tafel t und r v das umgekehrte Farbenbild auf der Tafel t′, wenn nähmlich die Tafel t weggenommen wird. — 3. Newton fing das Farbenbild mittelſt einer ſchwarzen Tafel auf, in der ſich kleine Löcher befanden, die er nach Gefallen öffnen und ſchließen konnte. Ließ er durch ein ſolches Loch eine der oben genannten farbigen Lichtgattungen hindurch ſo rein als möglich, und fing er dieſe

mit einem zweyten Prisma auf: ſo zeigte ſich ihm auf einer weißen zweyten Tafel ein gefärbtes kreisförmiges Bild, welches ſeine Farbe behielt, bloß auch keineswegs in die Länge gezogen wurde.

Newton zog in den Halbzirkeln a und b (Zeichn. 274.), welche das Farbenbild oben und unten begränzten, die Durchmeſſer c d und e f, dann zog er dort, wo ihm eine Farbe in die andere ſich zu verlieren ſchien, die, eigentlich nicht beſtimmbaren, Gränzlinien g h, i k, l m, n o, p p, r s. So wurde das ganze Farbenbild von c d bis e f in ſieben ungleiche Theile getheilt. Er theilte nun den Abſtand c e in 360 gleiche Theile, und fand dann, daß von dieſen Theilen auf c g 80 gingen, auf g i 40, auf i l 60, auf l n 60, auf n p 48, auf p r 27, auf r c 45.

Wenn man bey Anſtellung dieſer Verſuche die Seiten des Farbenbildes ſo ſcharf als möglich begränzt, auch die Farben lebhaft zu erhalten wünſcht: ſo kann man in die Öffnung des Fenſterladens eine convexe Linſe anbringen, und das Licht mehrmahls durch die Öffnungen von Schirmen gehen zu laſſen, wie in der Zeichn. 275. — Übrigens empfiehlt Newton zum gehörigen Gelingen ein möglichſt verfinſtertes Zimmer und ein möglichſt reines, von Luftblaſen u. d. gl. freyes Prisma. Auch räth er, dieſelben bey möglichſt reinem Himmel anzuſtellen.

§. 789. Ohne irgend eine Hypotheſe zu Hülfe zu nehmen, läßt ſich aus den angegebenen Verſuchen mit Newton folgern: 1. Jeder weiße Lichtſtrahl (im Sinne des §. 723.) kann betrachtet werden als beſtehend aus einer Menge farbiger Strahlen, von denen die oben genannten ſieben als die Hauptgattungen gelten können; in dieſe farbigen Gattungen wird das weiße Licht durch das Prisma zerſetzt, und aus ihnen wird es mittelſt des Sammlungsglaſes wieder zuſammengeſetzt. — 2) Jeder dieſer Lichtſtrahlen wird durch ein und dasſelbe brechende Mittel verſchieden gebrochen; durch das Glas nähmlich die Strahlen des rothen Lichtes am wenigſten, ſtärker die gelbrothen, noch ſtärker die gelben, dann die grünen, die lichtblauen und dunkelblauen, am ſtärkſten die violetten. Würden ſie alle gleich ſtark gebrochen: ſo würde zwar der ganze Lichtkegel von ſeinem Wege abgelenkt, allein die farbigen Strahlen

müßten beyſammen bleiben; durch ungleich ſtarke Brechung derſelben aber werden ſie getrennt, und es entſtehen gewiſſer Maßen ſieben Lichtkegel, wovon der rothe der urſprünglichen Lage des weißen am nächſten bleibt, die folgenden aber immer weiter davon abweichen. Es fällt demnach eine Reihe gefärbter Kreisbilder nach einander auf die Tafel; ſie ſind indeſſen nicht getrennt, ſondern fließen in einander, wie das die Zeichn. 276. einiger Maßen andeutet.

Zur Beſtätigung dieſer Lehren hat Newton noch viele Verſuche angeſtellt, aus welchen wir nur folgende anführen wollen:

I. Er fing die farbigen Theile des Bildes, die er mittelſt der in dem dritten Verſuche (§. 788.) beſchriebenen ſchwarzen Tafel einzeln erhalten hatte, mit einer convexen Glaslinſe auf, und ſuchte die Brennweite für jede Gattung von Strahlen: er fand bey einer und derſelben Glaslinſe die größte Brennweite für die rothen Strahlen, eine kleinere für die gelbrothen, gelben u. ſ. w., die kleinſte für die violetten. — Dieſes ſtimmte mit der oben angegebenen verſchiedenen Brechbarkeit zuſammen, denn je ſtärker die Strahlen gebrochen werden, deſto mehr convergiren ſie, deſto kleiner iſt die Brennweite.

II. Ferner fing Newton das ganze Farbenbild mittelſt eines zweyten Prisma auf, welches eine vertikale Lage hatte, wenn die Lage des erſten horizontal war. Das Farbenbild wurde dadurch verrückt, fiel mehr ſeitwärts, wurde aber nicht breiter, ſondern bekam eine etwas geneigte Lage. Dieſen Verſuch deutet die Zeichn. 277. an; ab iſt der Strahlenkegel, c das erſte Prisma, d das zweyte. Ohne dieſes zweyte fiel das Farbenbild auf die Tafel m in rv auf, bey der Anwendung des Prisma d bekam es die Lage r′ v′. Man ſieht, daß das rothe Licht r′ von ſeiner vorigen Stelle r am wenigſten, das violette v′ am meiſten entfernt wurde, und eben darum das ganze Bild die geneigte Lage erhielt.

III. Newton mahlte auf eine weiße Tafel zwey Rechtecke neben einander (wie in der Zeichn. 278.), das eine roth, das andere blau. Durch ein Prisma angeſehen erſchienen ſie neben einander verſchoben, ſo daß das blaue höher ſich zeigte, als das rothe, wie dieſes in der Zeichnung angedeutet wird. Woraus erſichtlich iſt, daß auch die verſchieden farbigen von den Körpern reflectirten Strahlen eine verſchiedene Brechbarkeit haben.

§. 790. Streifen im Farbenbilde. — Als Fraunhofer das Farbenbild durch ein aſtronomiſches Fern=

rohr beobachtete, entdeckte er darin eine kaum zählbare Menge ſtarker und ſchwacher ſenkrecht auf die Längenausdehnung desſelben ſtehender Streifen, welche dunkler als der übrige Theil und einige ganz ſchwarz ſich zeigten. Genaue Beobachtungen haben Folgendes gelehrt: 1. Dieſe Streifen erſcheinen, mag das Material des Prisma was immer für eines ſeyn; auch der brechende Winkel macht nur, daß ſie im Verhältniſſe der Größe des Farbenbildes ſtärker oder ſchwächer ſind; — dann ſind dieſe Streifen immer in derſelben Ordnung vorhanden. 2. Der Entdecker ward durch die beſtimmte Lage dieſer Streifen in den Stand geſetzt, die Brechungsverhältniſſe der farbigen Strahlen noch viel genauer zu beſtimmen, als es früher möglich war. — 3. Endlich haben Beobachtungen über das Licht mehrerer Himmelskörper, verſchiedener Flammen, und über das electriſche Licht gelehrt, daß dieſe Lichtgattungen von einander unterſchieden zu ſeyn ſcheinen.

Genauere Angabe dieſer Verſuche. Fraunhofer ließ durch eine ſchmale, aber ziemlich hohe Öffnung in dem Fenſterladen des verfinſterten Zimmers Sonnenlicht auf ein vertical geſtelltes Prisma auffallen. Das Prisma hatte eine ſolche Lage, daß die ausfahrenden Strahlen denſelben Winkel mit der Wand des Prisma machten, wie die einfallenden; es war ferner ganz nahe an dem Objectivglaſe eines aſtronomiſchen Fernrohres angebracht, durch welches das Auge durchſah, um die erwähnte Erſcheinung zu beobachten. Der Oculareinſatz des Fernrohrs wurde früher ſo weit herausgezogen, daß die ſchmale Öffnung des Fenſterbalkens, dadurch angeſehen, deutlich erſchien.

Die Zeichn. 279. deutet beyläufig das Farbenbild an, welches wegen der verticalen Stellung des Prisma eine horizontale Lage hat.

Die Brechung eines jeden einzelnen Farbenſtrahles zu beſtimmen, muß das Fernrohr ſo gegen das Prisma gerichtet ſeyn, daß die dunkle Linie, die man als die Gränze des beſtimmten farbigen Lichtes (z. B. des gelben) in der Mitte des Fernrohres ſich befindet; bey einem andern farbigen Lichte wird dieſe Richtung etwas geändert. Das Weitere gibt die Rechnung. So fand denn Fraunhofer das Brechungsverhältniß für die verſchiedenen Strahlen.

Auch die verſchiedene Intenſität des Lichtes der verſchieden farbigen Strahlen hat Fraunhofer zu beſtimmen geſucht, und als Reſultat gefunden, daß die Theile des Farbenbildes folgende

Reihe bilden vom ſtärkſten bis zum ſchwächſten: Gelb, nahe am Rothgelben, Rothgelb, Grün, Lichtblau, Mitte des Rothen, äußerſtes Roth, die Stelle zwiſchen Blau und Violett, die Mitte von Violett. In der Zeichn. 279. dienet die Krumme über dem Farbenbilde als graphiſche Darſtellung der verſchiedenen Lichtſtärke. Um hier zum Ziele zu gelangen, ward in das Fernrohr, durch welches man nach dem Farbenbilde ſehen wollte, in der Gegend des Brennpunctes des Oculars ein Spiegel ſchief eingeſetzt, welcher den halben Durchſchnitt des Rohres einnahm. Dem Spiegel gegenüber hatte das Fernrohr an der Seite eine Öffnung, in welcher ein Seitenrohr angebracht war, um eine Lampe aufzunehmen. Das Auge ſah nun den von der Lampe erhellten ſchiefen Spiegel, und zu gleicher Zeit den zu vergleichenden Theil des Farbenbildes. Man näherte und entfernte die Lampe ſo lange, bis der Glanz des Spiegels dem Glanze des Farbenbildes gleich kam; ſo hatte man (nach §. 729.) ein Maß für die Helligkeit des letzteren. Derſelbe Verſuch wurde nun mit einem zweyten, dritten ꝛc. Theile des Farbenbildes angeſtellt.

In Beziehung auf die Verſchiedenartigkeit des Lichtes verſchiedener Körper hat Fraunhofer in dem prismatiſchen Bilde des Lichtes vom Sirius drey breite Streifen beobachtet, den einen im Grün, die zwey anderen im Blau. Das Licht der Venus gab eine ähnliche Erſcheinung wie das der Sonne, allein viel ſchwächer. Im Farbenbilde gewöhnlicher Flammen erſchien zwiſchen Roth und Gelb ein lichter Streifen mit ſcharfer Gränze; verſchiedene Flammen indeſſen zeigten einige Verſchiedenheit. Electriſches Licht ſchien ſich von allen andern Lichtgattungen zu unterſcheiden.

§. 791. Complementäre Farben. So wie Weiß aus der Miſchung aller farbigen Strahlen, ſo entſteht aus der Vereinigung zweyer oder mehrerer Strahlen irgend eine gemiſchte Farbe. Es laſſen ſich auf dieſe Art aus Roth, Gelb und Blau die drey übrigen in dem Kreiſe der Zeichn. 280. zwiſchenliegenden zuſammenſetzen, nähmlich Rothgelb, Grün und Violett. Eine ſolche zuſammengeſetzte Farbe mit der einfachen, die nicht in ihr enthalten iſt, nennt man Ergänzungsfarben oder complementäre. So ſind Roth und Grün, Rothgelb und Blau, dann Gelb und Violett complementär, weil ſie einander zum ganzen Farbenbilde (wenn man hier nur ſechs Farben, Lichtblau und Dunkelblau nähmlich als eine zählt) ergänzen. Wirklich

erhält man, wenn man aus dem Farbenbilde eine der Farben auffängt, und die übrigen mittelſt einer Convexlinſe vereinigt, die complementäre der aufgefangenen.

§. 792. Subjective Verſuche. Wenn man, ſtatt die aus einer Öffnung ankommenden Strahlen mit einem Prisma aufzufangen, durch ein ſolches Prisma auf eine ſchmale kleine weiße Fläche hinſieht: ſo muß die Erſcheinung ſich umkehren; man wird nähmlich die Fläche farbig ſehen, die Farben aber werden (wenn der brechende Winkel nach unten gekehrt iſt) von unten nach oben folgende ſeyn: Violett, Blau, Hellblau, Grün, Lichtgelb, Rothgelb, Roth. Iſt die Fläche bedeutend groß: ſo hat ſie bloß gefärbte Ränder; oben einen aus Roth, Rothgelb und Gelb, unten einen aus Violett, Blau und Bläulichgrün beſtehenden, die Mitte iſt weiß. — Eben ſo ſieht man überhaupt alle durch das Prisma betrachteten Körper mit lebhaften farbigen Säumen umgeben. Auch hier enthalten die einander entgegengeſetzten Ränder immer die einander entgegengeſetzten Farben des prismatiſchen Bildes; der eine Rand nähmlich erſcheint gelb und roth, der andere blau und violett. Iſt der betrachtete Körper lichter als ſeine Umgebung: ſo ſtrahlt an dem einen Rande das Gelbe, am andern das Blaue nach ſeiner Mitte. Iſt er dunkler als die Umgebung: ſo iſt an dem einen Rande der rothe, an dem andern der violette Theil gegen die Mitte gekehrt. — Iſt die Dimenſion des Körpers klein: ſo gibt im erſten Falle die Miſchung des Gelben und Blauen ein ſchönes Grün, im zweyten Falle die Miſchung des Rothen und Violetten ein ſchönes Purpur. — Dieſe Farbenerſcheinung zeigt ſich überall, wo Licht und Dunkel ſich berühren, und iſt daher, nach Verſchiedenheit der Größe und Geſtalt des Lichten und Dunkeln äußerſt mannigfaltig.

Um die Erſcheinung der gefärbten Ränder genauer aufzufaſſen, denke man ſich auf dunkelm Grunde einen weißen Streifen parallel mit der Achſe des Prisma. Es entſteht nun eine Menge von Farbenbildern, eines über dem andern. Sie fließen indeſſen in einander; die mittlern und letzten Strahlen des erſten Bildes miſchen ſich nähmlich mit den erſten und mittlern Strahlen des zweyten u. ſ. w.;

ſo daß ſie in dieſer Miſchung als weißes Licht ins Auge gelangen. Nur die erſten Farbenſtrahlen des erſten Bildes, ſo wie die letzten Farbenſtrahlen des letzten Bildes können mit keinen, ihnen zuſtimmenden Ergänzungsfarben eines nachbarlichen Bildes gemiſcht werden; ſie gelangen deßhalb unvermiſcht ins Auge, und geben die Empfindung von Farbe. — Iſt der brechende Winkel des Prisma nach unten gerichtet: ſo iſt der obere Rand des weißen Bildes roth, und ſtrahlt durchs Gelbe in die weiße Mitte; der untere Rand iſt violett und ſtrahlt durchs Blaue und Bläulichgrüne in die weiße Mitte. Iſt der Streifen ſehr ſchmal: ſo iſt dieſe Mitte grün. —

Sieht man einen ſchwarzen Streifen auf einem lichten Grunde: ſo iſt die Erſcheinung in ſofern anders, wenn man die Farben als Ränder anſieht, die zu dem ſchwarzen Streifen gehören. Es iſt aber ganz die vorige Erſcheinung, wenn man den dunkeln Streifen als eine Begränzung zweyer großen weißen Flächen anſieht, davon die eine über ihm, die andere unter ihm liegt. — Alles Übrige ergibt ſich von ſelbſt.

§. 793. Nach Newton werden diejenigen aus den farbigen Strahlen, welche die brechbarſten ſind, auch am leichteſten zurückgeworfen.

Mit Newton's Verſuchen ſtimmt ein Verſuch, der mittelſt des §. 762. Zuſ. angeführten Gefäßes ſich anſtellen läßt. Es wirket nähmlich das Gefäß als ein Prisma, und bringt mittelſt der Brechung des durchſtrahlenden Lichtes an der Tafel t ein Farbenbild hervor. Von dieſem Farbenbilde verſchwindet bey der allmählich vergrößerten Neigung der zweyten Wand des Gefäßes der violette Theil zuerſt (das durch Brechung entſtehen ſollende violette Licht wird mithin zuerſt reflectirt); dann (bey noch mehr geneigter Stellung der Wand) verſchwinden die nächſten Theile, zuletzt der rothe. —

## Achromaſie.

§. 794. So freundlich die prismatiſche Farbenerſcheinung iſt, ſo iſt ſie in vielen Fällen wieder ſtörend; dort nähmlich, wo es darum zu thun iſt die Geſtalten rein zu ſehen, welche Reinheit durch die farbigen Säume beeinträchtigt wird. Beſonders iſt dieſes der Fall beym Gebrauche der Linſen. Denn jede Linſe bildet gleichſam ein Doppelprisma, bey welchem der brechende Winkel allmählich zunimmt, bey der convexen gegen den Rand

zu, bey der concaven gegen die Mitte zu, wie das in der Zeichnung 281. verdeutlicht wird. Man war demnach bedacht, dieſe Fehler wegzubringen. Man nennt dieſes achromatiſiren, d. h. die Brechung von der Farbenzerſtreuung befreyen. — Wir wollen zuerſt von der Achromatiſirung eines Prisma, dann von der einer Linſe ſprechen.

§. 795. Geſetzt, ein Prisma aus einer Materie A vermöge den ganzen hindurchgehenden Lichtkegel von ſeiner Richtung nicht bedeutend mehr abzulenken, und alſo das Farbenbild von der Stelle des urſprünglichen weißen Sonnenbildes nicht bedeutend mehr zu verrücken, als ein Prisma aus einer andern Materie B, allein das Farbenbild, welches durch das erſte Prisma hervorgebracht wird, wäre bedeutend mehr in die Länge gezogen, als das durch das zweyte Prisma bewirkte: ſo würde man ſagen, die durchſichtige Materie A bewirke keine bedeutend ſtärkere Brechung überhaupt, ſie bewirke aber eine ſtärkere Farbenzerſtreuung. Dieſe hier im Allgemeinen angegebene Erſcheinung hat nun im Beſondern wirklich Statt. Ein Beyſpiel davon ſind die zwey Glasarten Kronglas (Spiegelglas) und Flintglas. Ein aus dem letztern verfertigtes Prisma verurſacht eine bedeutend ſtärkere Farbenzerſtreuung als eines aus Spiegelglas ohne das Sonnenbild oder das Bild eines hindurch geſehenen Objectes in gleichem Verhältniß mehr zu verrücken.

Kronglas (Crownglas) nennt man dasjenige, welches aus Kieſel und Kali zuſammengeſetzt wird; Flintglas dagegen dasjenige, welches zugleich Bleyoxyd unter ſeinen Beſtandtheilen hat.

Nach Dollond's Beobachtungen verhält ſich das mittlere Brechungsverhältniß beym Flintglaſe zu jenem beym Kronglaſe wie 158 : 153. Die Farbenzerſtreuung iſt im engl. Flintglaſe $^3/_2$ Mahl, im Fraunhofer'ſchen nochmahl ſo groß als im Kronglaſe.

§. 796. Darauf gründet ſich die Verfertigung achromatiſcher oder ſolcher Prismen, welche zwar das Bild eines hindurchgeſehenen Objectes von ſeinem Orte verrücken, allein keine farbigen Ränder bewirken. Ein ſolches beſteht aus zwey Prismen, deren eines gewöhnlich von Flintglas,

das andere aus Kronglas geſchliffen iſt, deren eines einen kleinern brechenden Winkel hat, als das andere, und welche ſo an einander gelegt ſind, daß ihre brechenden Winkel eine entgegengeſetzte Lage haben, d. h. daß der brechende Winkel des erſten nach oben gekehrt iſt, wenn der des andern nach unten ſteht. Sie bilden eben darum, weil ihre brechenden Winkel ungleich ſind, einen Körper, der mit nicht parallelen Seiten begränzt iſt, wie dieſes in der Zeichn. 282. dargeſtellt wird, wo a b c das Prisma von Kronglas, c b d das von Flintglas bedeutet. Das Ganze bildet den vierflächigen Körper a b c d, deſſen gegenüber ſtehende Seiten a c und b d convergiren. Wenn man dieſelbe verlängert ſich vorſtellt, ſo erhält man das Prisma a m b. —

Um aber die Art, wie das achromatiſche Prisma wirkt, einzuſehen, ſtelle man ſich zuerſt zwey Prismen von derſelben Materie vor, welche gleichfalls ſo an einander liegen, daß das zweyte eine verkehrte Lage in Beziehung auf das erſte hat. Sind beyde Prismen ganz gleich: ſo hat natürlich keine Farbenzerſtreuung Statt, denn die durch das erſte bewirkte wird durch das zweyte aufgehoben; aber ſie bewirken auch keine Ortsverrückung des Bildes. Sind ihre brechenden Winkel nicht gleich, iſt demnach a c nicht parallel zu b d: ſo wird eine Ortsverrückung noch Statt finden, aber auch eine Farbenzerſtreuung, obgleich eine kleinere, als wenn das eine der Prismen allein da wäre. Denkt man ſich aber das Prisma b c d von einer andern Materie, als die des Prisma a b c, und hat dieſe zweyte Materie eine ſtärker farbenzerſtreuende Kraft: ſo kann das Prisma b c d auch ſchon bey einem kleinern brechenden Winkel, als der des Prisma a b c iſt, die Farbenzerſtreuung aufheben. Iſt nun dieſer Winkel ſo getroffen, daß ſie wirklich aufgehoben wird: ſo iſt das aus beyden zuſammengeſetzte Prisma achromatiſch.

Eigentlich handelt es ſich hier, wie man ſieht, darum, die farbigen Strahlen, welche im Weißlichte mit einander parallel auffallen und im erſten Prisma divergent, mithin getrennt werden, durch die Brechung im zweyten wieder zu parallelen zu machen, wornach ſie dann wieder die Empfindung des Weißlichtes im Auge bewirken. Eine Vorſtellung davon zu geben möge die Zeichn. 283. dienen, wo wir

der Einfachheit wegen nur zwey gefärbte Strahlen, die äußerſten nähmlich, betrachten wollen. In dem auffallenden Strahle ſind beyde, der rothe und violette, parallel. Im erſten Prisma werden ſie divergent, indem der violette v ſtärker gebrochen wird als der rothe r. Auch im zweyten Prisma wird v ſtärker gebrochen. Da aber die Brechung in entgegengeſetzter Richtung geſchieht: ſo können ſie nach ihrem Ausgange in die Luft wieder die parallele Lage erhalten.

Streng genommen, läßt ſich ein vollkommen achromatiſches Prisma nicht conſtruiren, weil die Zerſtreuungskraft eines Körpers nicht gleich iſt in Beziehung auf alle farbigen Strahlen; man kann demnach durch zwey Prismen nur in Beziehung auf zwey Farben achromatiſiren. Gewöhnlich nimmt man hierzu die äußerſten. Solche Prismen geben daher noch ein ganz ſchwaches Farbenbild, welches man das ſecundäre nennet. —

§. 797. Die bey Linſengläſern durch die farbigen Säume entſtehende Undeutlichkeit nennet man die **chromatiſche Abweichung**. Sie iſt vorzüglich an den Convexlinſen läſtig, welche als Objective zu Fernröhren verwendet werden.

Um dieſe Erſcheinung aus dem Gange der Strahlen zu verdeutlichen, möge die Zeichn. 284. dienen. S iſt ein leuchtender Punct; jeder Strahl des auf die Linſe L fallenden Strahlenkegels A S B wird nicht nur gebrochen, ſondern auch in farbige Strahlen zerlegt. Die brechbarſten, die violetten, vereinigen ſich in v, die rothen in r; wo ſich alle noch am meiſten vereinigen, bilden ſie einen Kreis von dem Durchmeſſer m n ſtatt eines Punctes; man nennet ihn den Abweichungskreis. Läßt man die mittelſt einer Linſe aufgefangenen Sonnenſtrahlen durch eine kleine kreisförmige Öffnung (Zeichn. 285.) durchgehen, die man nahe am Brennpuncte hält: ſo zeigen ſich an einer weißen Tafel hinter der Öffnung farbige Ringe. Kommt von einem leuchtenden Gegenſtande A B (Zeichn. 286.) weißes Licht auf die Linſe L: ſo ſollte in einer gewiſſen Entfernung ein weißes Bild entſtehen; allein es entſtehen mehrere Bilder, das nächſte und kleinſte (ein violettes) in v v, das größte und entfernteſte rothe in r r. In der Mitte decken ſich die Bilder und geben weißes Licht, am Rande aber hat das Bild einen farbigen Saum.

§. 798. Um die chromatiſche Abweichung zu vermeiden, verfertigt man achromatiſche Linſen. Sie werden, wie die achromatiſchen Prismen, aus Kronglas und Flintglas zuſammen-

geſetzt. Es beſteht nähmlich eine ſolche Linſe entweder aus einer Converlinſe aus Kronglas, und einer Concavlinſe aus Flintglas; oder aus zwey Converlinſen aus Kronglas mit einer zwiſchen ihnen ſich befindenden Concavlinſe aus Flintglas. Dieſe Linſen müſſen ſolche Krümmungen haben, daß nach der Brechung die rothen und violetten Strahlen desſelben Lichtkegels parallel fortgehen. Die Zeichn. 287. ſtellt den Durchſchnitt einer aus zwey, die Zeichn. 288. den einer aus drey Gläſern zuſammengeſetzten achromatiſchen convexen Linſe vor.

Statt Flintglas hat man auch andere Körper, beſonders verſchiedene Flüſſigkeiten vorgeſchlagen. In einer Tabelle rückwärts findet man mehrere Körper angeführt, welche zuſammen achromatiſirend wirken.

Newton hielt die Achromaſie für unmöglich. Er ließ bey ſeinen Verſuchen darüber einen Lichtcylinder durch Waſſer und Glas gehen, und glaubte zu bemerken, daß das Licht nur dann farbenlos austrete, wenn die in die Luft ausfahrenden Strahlen mit den auffallenden parallel wären. Er dehnte dieſes Reſultat auf alle Mittel aus, und ſchloß auf dieſe Art auf die Unmöglichkeit einer Ablenkung des Bildes von einem geſehenen Gegenſtande ohne alle Farbenerſcheinung. Euler dagegen, als er über den Bau des Auges nachgedacht hatte, kam auf den Gedanken, man könne allerdings durch Zuſammenſetzung mehrerer Mittel von verſchiedener Dichtigkeit achromatiſche Linſen erhalten. Es entſpann ſich ein Streit darüber zwiſchen Euler und Dollond. Durch Klingenſtjerna, der ebenfalls Newtons Verſuch angriff, wurde endlich Dollond veranlaßt, Verſuche anzuſtellen, woraus ſich ergab, daß Newton ſich geirrt habe.

### Dauernde Farben der Körper.

§. 799. Außer den bisher betrachteten wechſelnden Farben zeigen bekanntlich ſowohl undurchſichtige als durchſichtige Körper eine dauernde Farbe. Die erſteren erſcheinen farbig offenbar bloß durch zurückgeſtrahltes Licht, die letzteren ſowohl durch zurückgeſtrahltes, als durch hindurchgelaſſenes (wie z. B. dünne Pflanzenblätter, gefärbte Gläſer, mehrere farbige durchſichtige Steine u. d. m.). Manche Körper zeigen durch zurückgeſtrahltes Licht eine andere Farbe als durch das hindurchgelaſſene. Dieſes iſt der Fall bey den Aufgüſſen mancher Färbehölzer.

§. 800. Die Erſcheinung der Farbe an nicht leuchtenden undurchſichtigen Körpern kann wohl in nichts anderem gegründet ſeyn, als in der Abſorption (Verſchluckung, Unwirkſammachung) der verſchiedenen farbigen Strahlen, mag übrigens jene dem Weſen nach uns unbekannte Naturthätigkeit, die wir Licht nennen, worin immer beſtehen. — Sendet nun ſo ein Körper jedes erhaltene Licht unverändert zurück: ſo wird das Organ des Geſichtes natürlicher Weiſe auf eine ähnliche Art gereizt, als wenn das Licht von dem leuchtenden Körper ſelbſt darauf gewirkt hätte. Dieſes iſt der Fall bey allen Körpern, welche wir ungefärbt oder weiß nennen; ſie erſcheinen im weißen Lichte weiß, im rothen roth, im gelben gelb u. ſ. w. — Verändert dagegen der dunkle Körper (durch was immer für eine Urſache) das auf ihn auffallende Licht, indem er es zurückſendet: ſo muß dieſes im Geſichtsorgane eine andere Wirkung hervorbringen. Dieſes iſt der Fall bey allen Körpern, welche wir farbig nennen. So erſcheint z. B. die Roſe roth, das Veilchen blau u. ſ. w. Nach dieſer Anſicht zeigt ein Körper die oder jene Farbe, je nachdem er von dem auf ihn fallenden Lichte dieſe oder jene farbigen Strahlen entweder ausſchließend oder großentheils zurückwirft, die übrigen Strahlen aber ganz oder größtentheils unwirkſam macht. So iſt denn ein weißer Körper derjenige, der das auf ihn fallende Licht unzerlegt zurückwirft; ein rother derjenige, der alle Strahlen, die in dem weißen Lichte enthalten ſind, die rothen ausgenommen, unwirkſam macht, und nur die rothen reflectirt; ein ſchwarzer endlich derjenige, welcher das meiſte Licht abſorbirt. Werden von einem Körper mehrerley farbige Lichtſtrahlen zurückgeworfen, ſo zeigt er irgend eine gemiſchte Farbe. Dieſe gemiſchten ſowohl als die einfachern Farben können dann wieder in einem verſchiedenen Grade hell oder dunkel ſeyn, je nachdem an dem farbigen Körper auch Puncte vorhanden ſind, welche ungeänderte Licht zurückwerfen, oder das Licht gänzlich abſorbiren. Wäre das Licht unzerſetzbar: ſo gäbe es nur eine Farbe. Auch zeigen wirklich alle von einem farbigen Lichte beleuchteten Körper die Farbe dieſes Lichtes. So z. B. ſind in dem Lichte glühender

Kohlen alle Körper röthlich, nur daß die rothen noch röther ſind, als die übrigen. Auch dieſes kommt hauptſächlich daher, weil das gefärbte Licht (z. B. das rothe des Kohlenfeuers) nicht vollkommen einfärbiges Licht iſt, ſondern auch etwas weißes Licht enthält. Was von der Zurückſtrahlung gilt, gilt auch von dem durch einen Körper hindurchſtrahlenden Lichte. Würde dieſes ganz und gar nicht geändert, auch nicht geſchwächt: ſo wäre ſo ein Körper vollkommen durchſichtig, mithin auch ganz farblos. Die unvollkommen durchſichtigen Körper dagegen können das Licht entweder bloß ſchwächen oder zugleich ändern, und dann ſind ſie farbig.

Damit aber der Körper die eine oder die andere farbige Lichtſtrahlengattung zurückwerfe, durchlaſſe oder unwirkſam mache, muß in irgend einer Eigenſchaft des Körpers gegründet ſeyn, deren Urſache indeſſen nur dann angegeben werden könnte, wenn uns das Weſen des Lichtes vollkommen bekannt wäre. Daß die verſchiedene Lage der Theilchen verſchiedener Körper mancherley Zurückwerfungen und Brechungen des Lichtes, und dadurch allerley Farbenerſcheinungen bewirken möge, iſt ſehr wahrſcheinlich, wie erſt noch aus ferneren Lehren erhellen wird.

Aus dieſen Betrachtungen wird es wenigſtens im Allgemeinen einiger Maßen klar, wie die Farbe eines Körpers geändert werden könne durch eine jede Einwirkung, wobey entweder die Structur desſelben, oder auch das, was man das Qualitative der Materien nennt (mag dieſes nun worin immer gegründet ſeyn), oder beydes geändert wird. Es iſt demnach auch nicht zu wundern, daß der chemiſche Prozeß hier ſo wirkſam ſich erweiſet. — Beyſpiele von Farbenveränderungen, die aus dergleichen Einwirkungen ſich ergeben, ſind unzählige. Viele Körper ändern die Farbe durch bloße Beſtrahlung vom Sonnenlichte; viele Körper ändern ſie durch Erhitzung. So wird z. B. eine mit der ſogenannten Kobalttinctur (einer durch Waſſer verdünnten Auflöſung des Kobaltes im Königswaſſer) geſchriebene, früher unſichtbare Schrift durch Erhitzung grün. — Das Rothwerden der Krebſenſchalen durch die Abkochung derſelben iſt eine bekannte Erſcheinung; eben ſo das Flecken mancher Kleidungsſtoffe durch bloßes Waſſer, durch Fettigkeiten, durch Wein, durch Säuren; das Rothwerden des Veilchenſyrups durch Säuren; das Grünwerden desſelben durch Laugenſtoffe u. d. m. — Eine Menge dergleichen Farbenänderungen liefern die zu dem chemiſchen Theile der Naturlehre gehörigen Erfahrungen. Hierher gehören auch die ſogenannten Beitzen in der Färbekunſt.

§. 801. Wenn man die Oberfläche eines Körpers mit irgend einer ſehr fein zertheilten Materie bedeckt: ſo kann er natürlicher Weiſe das Licht nicht mehr ſo reflectiren wie zuvor, ſondern wird die Farbe der über ihn gelegten Materie zeigen. Dergleichen Materien pflegt man im gemeinen Leben auch Farben zu nennen, richtiger heißen ſie Färbeſtoffe oder Pigmente.

Die Färbekunſt lehret nicht nur, durch dergleichen Bedeckungen den Körpern eine gewiſſe Farbe geben, ſondern auch durch chemiſche Mittel die Farben derſelben verändern (§. 800. Zuſatz).

§. 802. Wenn verſchiedenfarbige Färbeſtoffe unter einander bloß gemengt werden: ſo kann es geſchehen, daß eine ſogenannte Mittelfarbe entſteht. Man nimmt nähmlich in einem ſolchen Falle nur eine Farbe wahr, obſchon mehrere da ſind. So entſteht z. B. aus der Mengung des blauen und grünen Färbeſtoffes (vorausgeſetzt, daß ſie nicht chemiſch auf einander wirken) ein grün färbendes Pigment. Das aus den Theilchen des gelben Pigments hervorgehende farbige Licht mit dem aus den Theilchen des blauen Pigments hervorgehenden macht nähmlich im Auge jenen Eindruck, welchen das grüne Licht eines grünen Pigments machen würde. — Eine ähnliche Miſchung verſchiedenartiger Eindrücke auf das Auge kann auch erhalten werden, wenn man zwey gefärbte Körper ſo ſchnell unter einander bewegt, daß die Eindrücke ſehr ſchnell auf einander folgen, und dadurch einen Geſammteindruck bewirken. Dieſes geſchieht z. B. wenn man eine Kreisfläche, welche aus verſchieden gefärbten Kreisausſchnitten beſteht, ſchnell um ihre Achſe bewegt. Iſt etwa die eine Hälfte der Kreisfläche roth, die andere gelb, ſo erſcheint die ganze Fläche rothgelb.

Die ſchnelle Drehung einer ſolchen Kreisſcheibe kann mittelſt eines kleinen Schwungrades geſchehen. — Auch kann man derley kleine Scheiben mit einem durch den Mittelpunct geſteckten Stifte verſehen, und ſie auf die Art eines Kreiſels in drehende Bewegung bringen.

Wenn eine beliebige Kreisfläche in ſieben Ausſchnitte getheilt wird, welche ſich (in Hinſicht der Anzahl der Grade) zu einander wie die oben (§. 788. Zuſ.) angegebenen Theile des prismatiſchen Bildes verhalten; wenn die Ausſchnitte mit den ſieben prismatiſchen Farben

bemahlt ſind, ſo daß der erſte Ausſchnitt roth, der zweyte roth-gelb u. ſ. w. iſt; und wenn dann dieſe Kreisfläche mittelſt irgend einer Vorrichtung ſehr ſchnell um ihre Achſe bewegt wird: ſo erſcheint ſie ganz weißlich, eigentlich weißgrau. Auch könnte dieſes ſelbſt dann nicht anders ſeyn, wenn man die einzelnen Farben ſo rein haben könnte, wie die im prismatiſchen Bilde. Denn jede Farbe iſt ja nur ein Theil des weißen Lichtes. Durch die Umdrehung werden nicht alle auf denſelben (etwa den ſiebenten Theil der Scheibe) gebracht, ſondern jede wird auf die ganze Scheibe ausgedehnt. Dieſe muß mithin nothwendig grau erſcheinen.

Bey dieſer Gelegenheit muß noch bemerkt werden, daß man einen Unterſchied zu machen habe zwiſchen den Hauptfarben des prismatiſchen Bildes und den Grundfarben. Der letzteren gibt es offenbar nur drey, nähmlich Roth, Gelb und Blau. Aus dieſen, dann aus Weiß und Schwarz (welche man zwar nicht zu den Farben, aber doch nothwendiger Weiſe zu den Färbeſtoffen rechnet) laſſen ſich alle Farben mit allen Abſtufungen und Abſchattirungen derſelben gegen Hell und Dunkel zuſammenſetzen. Darauf gründet ſich jene Vertheilung gemiſchter Farben, welche alle aus der Vermiſchung der genannten hervorgebracht werden können. Man ſtellte dergleichen nähmlich in Geſtalt von Dreyecken und Pyramiden vor, und nannte ſie die Farbendreyecke und Farbenpyramiden. Der Zweck derſelben war, den verſchiedenſten Farben Benennungen zu ertheilen und zu beſtimmen, in welchem Verhältniſſe in jeder derſelben jene drey Grundfärbeſtoffe gemiſcht ſeyen. — Durchgreifender iſt die Darſtellung desſelben Gegenſtandes in Geſtalt einer Farbenkugel, deren Pole (Weiß und Schwarz) durch das Grau der Achſe allmählich in einander übergehend gedacht werden. Der Äquator enthält den Kreis der verſchiedenen reinen Farben und ihrer Übergänge in einander, die, nach dem einen Pole zu, ſich mit dem Weißen miſchen, nach dem andern zu mit dem Schwarzen. In dem Innern der Kugel denket man ſich die Farben gegen einander greifend, und ſich in das Grau der Achſe verlierend. (S. Farbenkugel oder Conſtruction des Verhältniſſes aller Miſchungen der Farben zu einander u. ſ. w. von P. O. Runge, Mahler; nebſt einer Abhandlung über die Bedeutung der Farben in der Natur von H. Steffens. Hamburg, 1810. 4.) — Eine Kreisfläche, deren drey Kreisausſchnitte ſo beſchaffen ſind, daß einer derſelben roth, der andere gelb, der dritte blau iſt, erſcheint durch eine ſchnelle Bewegung ebenfalls weißlich; eben ſo eine Kreisfläche, deren drey Kreisausſchnitte Roth, Grün und Violett enthalten, wie ſich (nach §. 791.) von ſelbſt verſteht.

Durchſichtigkeit und Undurchſichtigkeit der Körper.

§. 803. An die Betrachtung der Farben ſchließet ſich von ſelbſt die Betrachtung über die Durchſichtigkeit und Undurchſichtigkeit der Körper an. Um das Weſen derſelben vollſtändig zu erklären, müßte uns das Weſen des Lichtes bekannt ſeyn. Die Erfahrung lehret nur ſo viel, daß Gleichförmigkeit der Dichte eine nothwendige Bedingung der Durchſichtigkeit iſt, indem ſelbſt durchſichtige Materien ſogleich undurchſichtig werden, wenn ihnen dieſe Gleichförmigkeit benommen wird. So z. B. iſt Luft durchſichtig, Waſſer ebenfalls, Waſſerſchaum (eine Mengung von Luft und Waſſer) iſt es nicht, Nebel auch nicht. Glas iſt durchſichtig, in Pulver zerſtoſſen wird es undurchſichtig; wird dieſes Pulver mit Waſſer übergoſſen, ſo gewinnt es wieder etwas an Durchſichtigkeit. So wird auch Papier mehr durchſcheinend, wenn es mit Öhl getränkt wird; ſo werden undurchſichtige Stücke von Edelſteinen durchſichtig, wenn man ſie in eine Flüſſigkeit von gleicher Brechungskraft eintaucht, u. d. m. — Alle Materien, deren ungleichförmige Dichte in die Augen fällt (alle ſolche z. B., die ein faſeriges Gefüge haben), ſind undurchſichtig. Auch läßt ſich nicht ſchwer einſehen, wie das Gefüge der Körper und die Ungleichförmigkeit ihrer Dichte der Durchſichtigkeit ſchade; in ungleichförmig dichten Materien erleidet nähmlich das Licht unzählbare Brechungen und Zurückwerfungen. Daß aber die gleichförmige Dichte nicht die einzige Bedingung der Durchſichtigkeit ſey, erſieht man daraus, weil Metalle (im Zuſtande der Feſtigkeit ſowohl als in dem der Flüſſigkeit) undurchſichtig ſind, obgleich ſie Materien ſind, deren ungleichartige Dichte wenigſtens nicht in der Erfahrung ſich nachweiſen läßt.

Daß übrigens kein Körper vollkommen durchſichtig iſt, erhellet aus der §. 731. erwähnten Erfahrung; auch ſieht man es bey vielen durchſichtigen Körpern daraus, daß ſie (wie z. B. das Glas) in ihrem Innern gleichfalls beleuchtet erſcheinen, mithin das Licht darin von Schichte zu Schichte theils durchgelaſſen, theils zurückgeworfen wird. In der Tiefe des Meeres iſt es finſter. Von hohen Bergen aus ſieht man mehr Sterne als aus der Tiefe. Die Durchſichtigkeit der Atmoſphäre gewinnt durch vollkommen gasförmiges Waſſer; ſie leidet

aber nicht nur durch unvollkommen gasförmigen Dunſt, ſondern auch durch ungleichförmige Vertheilung der Wärme, mithin durch abwechſelnde Dichte in den Schichten.

Daß auf der andern Seite vielleicht auch kein Körper vollkommen undurchſichtig ſey, ſcheint ſich aus der Farbe derſelben zu ergeben. Denn würden (wie dieſes bey den reflectirten geſchieht) alle Strahlen von der Oberfläche zurückgeworfen: ſo müßte jeder Körper weiß erſcheinen. Diejenigen Strahlen, welche abſorbirt werden, müſſen wohl zum Theil eindringen. Auch könnte ſonſt die Dicke des Körpers keine Änderung ſeiner Farbe bewirken; ſehr viele Körper aber werden durch Verminderung der Dicke blaſſer. Merkwürdig in dieſer Beziehung iſt es, daß das aus vielen Körpern bereitete Pulver, und der von denſelben auf harten Flächen zurückgelaſſene Strich blaſſer und oft von einer andern Farbe erſcheint, als derſelbe Körper in Maſſe. — Newton war der Meinung, alle Körper ſeyen durchſichtig, wenn ſie nur dünn genug ſind. Wirklich erſcheint Gold, in ſehr dünne Plättchen geſchlagen, grün durch durchgelaſſenes Licht. Mit den ſogenannten weißen Metallen hat indeſſen ein ähnlicher Verſuch nicht gelungen.

### Hypothetiſche Anſichten der Farbenerſcheinungen.

§. 804. I. In der Emanationshypotheſe werden verſchiedene Gattungen von Lichttheilchen angenommen, davon jede Gattung im Auge die Empfindung einer eigenthümlichen Farbe bewirkt. Wirken daher beynahe zu derſelben Zeit die Theilchen zweyer oder mehrerer Lichtgattungen auf denſelben Punct des Auges, ſo haben wir die Empfindung irgend einer Mittelfarbe; wirken auf dieſelbe Weiſe die Lichttheilchen aller Gattungen ein, ſo ſehen wir Weiß. Ein weißer Lichtſtrahl, in dem Sinne der Hypotheſe, beſteht mithin aus Lichttheilchen von allen Gattungen. Man kann daher einen ſolchen ſich etwa vorſtellen als eine Reihe von Lichttheilchen, in welcher die von den verſchiedenſten Gattungen einander folgen, und ihrer großen Geſchwindigkeit wegen in ſo kleinen Zeiträumchen auf das Geſichtsorgan einwirken, daß in Beziehung auf den Erfolg dieſe Zeitunterſchiede als null angeſehen werden müſſen, und dieſes zwar um ſo mehr, weil der Lichteindruck aufs Auge (wie ſpäter gezeigt werden ſoll) nicht augenblicklich aufhört. — Fällt ein ſolcher aus Lichttheilchen aller Gattungen beſtehender Strahl auf einen undurchſich-

tigen Körper, der gegen die verſchiedenen Lichttheilchen eine verſchiedene Anziehung hat, und werden dadurch mehrere derſelben unwirkſam gemacht (verſchluckt), eine oder mehrere Gattungen aber zurückgeworfen: ſo zeiget er eine einfache oder gemiſchte Farbe. Wirft er alle zurück, ſo wird er weiß, verſchluckt er alle, ſchwarz erſcheinen. Kommt der weiße Strahl ſchief auf einen durchſichtigen Körper: ſo wird er nicht nur überhaupt gebrochen (von ſeinem Wege abgelenkt), ſondern auch in mehrere Strahlen zerſetzt; indem wegen der verſchiedenen Einwirkung auf die verſchiedenfarbigen Theilchen, dieſe Ablenkung für jede Gattung derſelben verſchieden ausfallen muß (was wir die verſchiedene Brechbarkeit genannt haben).

II. In der Vibrationshypotheſe nimmt man an, daß die verſchiedene Geſchwindigkeit der Äthervibrationen eben ſo eine verſchiedene Empfindung im Auge bewirken könne, wie die verſchiedene Geſchwindigkeit der Luftvibrationen ſie im Gehörorgane erzeugt. Jene nennen wir Farben, dieſe heißen Töne. Wie nun aber dieſe verſchiedene Geſchwindigkeit der Vibrationen beym Schalle von der Länge der Schallwellen abhängt (§. 591.), ſo wird ſie beym Lichte durch die Länge der Ätherwellen beſtimmt werden. Die Lichtwellen haben mithin für die verſchiedenen Farben eine verſchiedene Länge, und zwar werden diejenigen für die kürzeſten angenommen, welche die Empfindung von Violett erzeugen; diejenigen dagegen für die längſten, denen die Empfindung von Roth entſpricht. — Was nun die Einwirkung auf das Geſichtsorgan betrifft, ſo läßt ſich auch hier begreifen, daß gleichzeitige Einwirkung von zwey oder mehreren mit ungleicher Vibrationsgeſchwindigkeit begabten Wellen eine gemiſchte Empfindung (mithin die einer Mittelfarbe) bewirken könne, und ſo auch die Zuſammenwirkung von allen verſchiedenartigen Vibrationen die Empfindung von Weiß zu erzeugen vermöge; denn auch beym Schalle geben mehrere Töne zuſammengehört irgend einen (übrigens conſonirenden oder diſſonirenden) Accord. Nur iſt hiebey dieſer Unterſchied, daß wir bey gleichzeitiger Anhörung mehrerer Töne jeden einzelnen zu unterſcheiden vermögen; dagegen wir in einer gemiſchten Farbe keineswegs die einzelnen zu

unterſcheiden im Stande ſind. — Was die Brechung des Lichtes und die verſchiedene Brechbarkeit der farbigen Strahlen betrifft, ſo iſt nicht ſchwer begreiflich, daß eine Welle, deren Vibrationsgeſchwindigkeit größer iſt, durch denſelben Körper (z. B. Glas) anders abgelenkt (nähmlich anders gewendet, §. 781.) werden könne, als eine Welle, die eine kleinere Vibrationsgeſchwindigkeit beſitzt. Allein ſchwer läßt es ſich klar einſehen, wie eine Welle des weißen Lichtes (falls man ja eine ſolche als eine Welle von beſtimmter Länge, und nicht vielmehr das Weißlicht immer als ein Reſultat farbiger Wellen anſieht) in mehrere Wellen von verſchiedener Länge zerlegt werden könne. Was endlich die Farbe durch Zurückſtrahlung betrifft, ſo läßt ſich allerdings die Möglichkeit einſehen, daß die Vibrationsgeſchwindigkeit der auffallenden Welle durch verſchiedene Körper eine verſchiedene Änderung erleiden, und mithin ein Körper eine verſchiedene Farbe zeigen könne, als ein anderer.

Es muß nochmahls erinnert werden, daß wir im §. 789. nur die reine Thatſache ausdrücken wollten, wenn wir geſagt haben, ein weißer Lichtſtrahl enthalte (der Möglichkeit nach) alle farbigen Lichtſtrahlen ꝛc., daß wir mithin durchgängig das Wort Strahl im Sinne des §. 723. gebraucht haben wollen; — daß es dagegen in der Sprache der Hypotheſen in dem Sinne des Zuſatzes zu dem erwähnten Paragraphe müſſe verſtanden werden.

§. 805. Ohne die eine oder die andere der beyden Hypotheſen zu Hülfe zu nehmen, ſucht v. Göthe alle Farbenerſcheinungen daraus zu erklären, daß entweder das reine (mithin weiße) Licht durch ein trübes Mittel ins Auge gelangt, oder hinter einem beleuchteten trüben Mittel ſich die Finſterniß als ein Hintergrund befindet. Geſchieht das erſte, ſo erſcheinet das Licht bey geringer Trübung des Mittels gelb, und geht mit zunehmender Trübung in Gelbroth und Roth über. So ſieht man die Sonne, wenn ſie ihren höchſten Stand hat, ziemlich weiß, obgleich auch hier ins Gelbe ſpielend; immer gelber aber erſcheint ſie, je tiefer ſie ſich ſenkt; je größer demnach der Theil der Atmoſphäre iſt, den ihre Strahlen zu durchlaufen haben, bis ſie endlich roth untergeht. — Sieht man dagegen durch ein

weißerleuchtetes Trübe in die Finſterniß des unendlichen Raumes hin: ſo erſcheinet dieſer, wenn die Trübe dicht iſt, bläulich; iſt ſie weniger dicht, ſo nimmt die Bläue an Tiefe zu, und verliert ſich ins Violette. — Die prismatiſchen Verſuche ſuchet v. *Göthe* durch eine Verrückung des Hellen (z. B. des Sonnenbildes in der dunkeln Kammer) über das Dunkle, und aus einer Bedeckung des Hellen durch das Dunkle zu erklären.

Die in §. 792. erwähnte *Erſcheinung der farbigen Ränder* eines durch ein Prisma angeſehenen Körpers erklärt v. *Göthe* ebenfalls aus einer *Verrückung des Bildes*, wobey ſeine helle Gränze über die dunkle, die dunkle Gränze aber über die helle, das Bild über ſeine Begränzung, die Begränzung über das Bild ſcheinbar hingeführt werde. — Es werde nähmlich (ſagt v. *Göthe*) das Bild durch Refraction verrückt, aber *nicht rein*, nicht ſcharf, ſondern unvollkommen; es entſtehe demnach an dem Hauptbilde ein Nebenbild, und zwar ſcheine es, daß das wahre Bild einiger Maßen zurückbleibe, und ſich dem Verrücken gleichſam widerſetze. Wird z. B. eine helle Scheibe durch ein Prisma angeſehen, ſo werde ſie im Ganzen von ihrer Stelle verrückt; ſie werde in der Richtung gefärbt, in der ſie ſcheinbar bewegt wird; der obere Rand erſcheine demnach blau und blauroth, der untere Rand gelb und gelbroth. Dort (am oberen Rande) wird nähmlich, nach v. *Göthe*'s Ausdruck, das helle Bild in den dunkeln Rand hinüber, hier (am untern Rande) wird der dunkle Rand über das helle Bild gleichſam hineingeführt. — Eine ausführliche, mit Gründen und Gegengründen belegte Darſtellung der eben erwähnten Anſicht würde die Gränzen dieſes Buches überſchreiten. v. *Göthes* Werk über den genannten Gegenſtand führt den Titel: *Zur Farbenlehre*; Tübingen, 1810. Der erſte Band enthält den didaktiſchen und polemiſchen Theil, der zweyte Band iſt hiſtoriſch.

## F. Erſcheinungen der Interferenz des Lichtes.

§. 806. Was man *überhaupt* mit dem Worte *Interferenz* zu bezeichnen pflege, iſt bereits an einem andern Orte (§. 609. Zuſ.) gemeldet worden. In Beziehung auf das Licht verſtehet man unter *Interferenz* gewiſſe Erſcheinungen, welche dann Statt haben, wenn Lichtſtrahlen, die von derſelben Quelle ausgehen, nach Zurücklegung eines Weges wieder zuſammentreffen, und durch dieſes Zuſammentreffen ihr Leucht-

vermögen entweder erhöhen oder ſchwächen, oder ganz aufheben. Um derley Erſcheinungen zu beobachten, kann folgender Verſuch angeſtellt werden. Man läßt in ein verfinſtertes Zimmer durch eine lothrechte Spalte Licht einfallen. Soll der Verſuch recht einfach ſeyn, ſo bedient man ſich dazu eines homogenen Lichtes, z. B. des rothen. Dieſes wird aufgefangen auf zwey Spiegeln, welche unter einem äußerſt ſtumpfen Winkel an einander gefügt ſind, mithin beynahe in einer und derſelben Ebene ſich befinden. Es müſſen übrigens (um Doppelbilder zu vermeiden) entweder Metallſpiegel ſeyn, oder ſchwarze Glasſpiegel. Es ſey (Z. 289.) in s die Spalte; der immer breiter werdende Strahlenkegel a s b falle zum Theil auf den einen Spiegel m n, zum Theil auf den andern p q, ſo wird der Strahl s a in der Richtung a $\alpha$, der Strahl s b in der Richtung b $\beta$ zurückgeworfen; beyde werden ſich in c ſchneiden; und ein Ähnliches wird von anderen Strahlen desſelben Strahlenkegels gelten, die ſich gleichfalls entweder links oder rechts von dem Puncte c ſchneiden werden. Siehet das Auge gegen die Spiegel hin: ſo erblickt es natürlicher Weiſe zwey Bilder der Spalte (in jedem der Spiegel eines); dieſe Bilder liegen einander ganz nahe, und deſto näher, je ſtumpfer der Winkel iſt, den die Spiegel mit einander bilden (denn wären beyde Spiegel in einer Ebene, ſo könnte nur ein einziges Bild erſcheinen). Sieht man nun aus einiger Entfernung durch eine Convexlinſe (oder beſſer durch ein Fernrohr) nach dem Raume hin, wo die von den Spiegeln zurückgeworfenen Strahlen ſich kreuzen, ſo erblickt man überdieß zwiſchen den zwey Bildern der Spalte mehrere dunkle und helle Streifen, die mit einander abwechſeln. — Der Grund der Erſcheinung kann wohl in nichts anderem liegen, als darin, daß gewiſſe Strahlen durch ihr Zuſammentreffen ihre Wirkung erhöhen, andere dieſelbe aber ſchwächen oder gar aufheben. Daß ſie wirklich durch die wechſelſeitige Einwirkung der von beyden Spiegeln reflectirten Strahlen hervorgebracht wird, erſieht man daraus, weil jene abwechſelnden Streifen verſchwinden, wenn man das von dem einen Spiegel kommende Licht auffängt (wenn man etwa den einen Spiegel bedeckt). Der Raum iſt dann gleichförmig beleuchtet.

Man hat nach genauer Beachtung dieſes Verſuches gefunden, daß diejenigen Strahlen ihre Wirkung verſtärken, welche bey ihrem Zuſammentreffen gleiche Wege zurückgelegt haben, oder auch ungleiche Wege, deren Unterſchied aber ein gewiſſer iſt, dann auch ſolche, bey welchen dieſer Unterſchied doppelt, dreyfach ꝛc. iſt. Diejenigen Strahlen dagegen, bey welchen der Unterſchied der Wege mehr oder weniger beträgt, als den Unterſchied der Wege der ſich verſtärkenden, oder mehr oder weniger als den doppelten, dreyfachen ꝛc., ſchwächen einander. Daher jene lichten und dunkeln Stellen. — Bey Verſuchen mit verſchieden farbigem Lichte hatten die Streifen des rothen Lichtes die größte, die des violetten die kleinſte Breite.

Man ſieht von ſelbſt, daß bey Anſtellung des Verſuches der Spiegel ſo gegen den einfallenden Lichtkegel zu ſetzen ſey, damit der Zuſeher ſich etwas ſeitswärts befinden könne, wie dieſes auch in der angeführten Zeichnung angedeutet iſt. Übrigens iſt die Anſtellung dieſes Verſuches nicht leicht. Bequemer dient ſtatt eines Spiegels ein dreyſeitiges Prisma, davon der eine Winkel ſehr ſtumpf iſt; das Licht kommt auf das Prisma, wie es die Zeichn. 290. andeutet. Auch hier erblickt man zwey Bilder der Spalten, aus dem in §. 768. Zuſatz angegebenen Grunde; und auch hier ſchneiden ſich verſchiedene von den gebrochenen Strahlen. Der Beobachter iſt natürlicher Weiſe hier auf der entgegengeſetzten Seite des Prisma.

Allgemeiner Ausdruck des angeführten Geſetzes. Nennet man den Unterſchied der Wege zweyer Lichtſtrahlen, die durch ihr Zuſammentreffen ihre Leuchtkraft erhöhen, d: ſo hat eine ſolche Erhöhung auch Statt bey zuſammentreffenden Lichtſtrahlen, deren Wegunterſchiede ſind $= 2d, 3d, 4d, 5d$ u. ſ. w.; dagegen iſt eine Aufhebung der Leuchtkraft vorhanden bey ſolchen, deren Wegunterſchiede ſind $= \frac{1}{2}d, \frac{3}{2}d, \frac{5}{2}d$ u. ſ. w. Mittelſt genauer Beobachtung der Erſcheinung mit Hülfe eines Fernrohrs und daran angebrachten Mikrometers hat man die verhältnißmäßigen Entfernungen der abwechſelnden Streifen gemeſſen. Auch hat man die von den Strahlen zurückgelegten Wege durch Rechnung zu beſtimmen geſucht.

Verſuch im Weißlichte. Hier erſcheinen die hellen Streifen mit lebhaften prismatiſchen Farben, und verſchwinden in einem weit geringeren Abſtande von der Mitte. Der Grund davon iſt leicht einzuſehen, vorausgeſetzt, daß jeder farbige Strahl für ſich mit andern farbigen interferirt. Die Streifen von jeder Farbe

haben (wie gemeldet worden iſt) eine andere Breite; mithin müſſen ſie auf verſchiedene Entfernungen von der Mitte wegrücken; es fallen ſo die lichten Streifen der einen Farbe in die dunkeln Streifen der anderen; die Erſcheinung muß alſo nach beyden Seiten zu immer mehr an Deutlichkeit verlieren. Sieht man darauf durch ein farbiges Glas: ſo ſieht man bloß helle und dunkle Streifen.

Hiſtoriſches. Den Nahmen Interferenz erhielten dieſe Erſcheinungen von Young, der 1800 darauf aufmerkſam gemacht hat. Die ſpätern Bearbeiter dieſes Gegenſtandes waren vorzüglich: Arago, Fresnel, Fraunhofer.

§. 807. Hypothetiſche Anſichten. Die Erſcheinungen der Interferenz ſcheinen aus der Emanationshypotheſe nicht leicht erklärbar zu ſeyn; beſonders läßt ſich nicht wohl einſehen, wie ein Zuſammentreffen von Licht Dunkelheit zur Folge haben könne. In der Vibrationshypotheſe dagegen läßt ſich allerdings aus der Zuſammentreffung zweyer Wellen eine Erhöhung ihrer Wirkung begreifen, wenn ihre verdichteten Stellen, und mithin auch ihre verdünnten zuſammentreffen; eine Schwächung oder gänzliche Aufhebung dieſer Wirkung aber, wenn die verdichtete Stelle der einen Welle mit der verdünnten der andern ſich begegnet. Es läßt ſich ſogar eine ähnliche Erſcheinung beym Schalle anführen (§. 609. Zuſ.).

Man ſieht, daß auch für die Erklärung der Interferenz die Analogie der Schallverbreitung mit der Fortpflanzung des Lichtes ausreichen könne. Übrigens ändert die oben (§. 722. Zuſ.) angegebene Vorſtellungsweiſe auch hier nichts in Beziehung für den Erfolg. Man braucht nur, anſtatt von gleichſtark verdichteten oder verdünnten Wellentheilen zu reden, von ſolchen ſprechen, welche in derſelben Phaſe ſich befinden. Was man aber durch Phaſe ausdrücken wolle, läßt ſich vielleicht am kürzeſten ſo angeben. Es ſchwinge ein Theilchen zwiſchen den Puncten m und n (Zeichn. 291.), ſo daß es den Weg mn beſchreibe, dann den entgegengeſetzten nm; durch welchen Hin- und Hergang eine Schwingung vollendet iſt. Bey jeder Schwingung unterſcheidet man vier Theile, nähmlich den Weg von m bis in die Mitte a, den von a bis n, dann rückwärts die Wege na und am. — Man denket ſich ferner die Zeit einer ganzen Schwingung (wie einen Kreis) in 360 Theile oder Grade getheilt, und nennet die Zeit, die vom Anfange der Schwingung bis

zu irgend einem Augenblicke verfloſſen iſt, eine Phaſe. Wenn man mithin z. B. ſagt: die Phaſe der Schwingung eines Theilchens ſey = 90°, ſo heißt das, es ſey ein Viertheil der ganzen Schwingungszeit verfloſſen. Die Zeittheile für jene vier Viertel der ganzen Schwingung nennt man die Hauptphaſen. — Auf dieſelbe Weiſe wie man die Zeit einer Vibration abtheilt, theilt man die räumliche Länge einer Undulation oder Welle ab. Die Undulationsphaſe eines Punctes iſt mithin z. B. 180°, wenn die Welle bis zu ihrer Mitte fortgeſchritten iſt. Wenn nun zwey Wellen zuſammentreffen: ſo wird ein und dasſelbe Theilchen zu beyden Wellen gehören; es kommt alſo darauf an, in welcher Phaſe es ſich in Beziehung auf die eine und auf die andere Welle befinde, um zu beſtimmen, ob dieſe Phaſe in Beziehung auf beyde Wellen dieſelbe ſey, oder welcher Unterſchied hier obwalte.

In der Emanationshypotheſe könnte man vielleicht zur Erklärung der Interferenz annehmen, daß die an einander gerathenen Lichttheilchen, welche unter äußerſt kleinen Winkeln zuſammentreffen, in einer Mittellinie fortgehen, und dadurch ihre Wirkung auf das Auge verſtärken, welche Verſtärkung dagegen bey denen, welche einander vorbeygehen, nicht Statt finden könnte. Natürlicher Weiſe könnten nur diejenigen Lichttheilchen an einander gerathen, deren Wege gleich oder genau um den Unterſchied der Entfernung eines Lichttheilchens vom andern unterſchieden ſind; nur dieſe würden demnach durch ein Aneinandergerathen jenen Mittelweg einſchlagen können. — Doch verſteht es ſich von ſelbſt, daß dieſes erſt einer genauen Rechnung unterlegt werden müßte.

## G. Beugung des Lichtes.

§. 808. Man verſteht unter Beugung des Lichtes die Ablenkung der Lichtſtrahlen von ihrem Wege, wenn ſie ſehr nahe an einem Körper vorbeygehen. Deutet st (Zeichn. 292.) einen Strahlenbündel an, welcher vor dem Körper k vorbeygehet: ſo ſind ta, tb, tc gebeugte Strahlen. Eine Folge davon iſt, daß Körper, die man gegen das Licht anſieht, an ihren Rändern einen matten Schein zeigen, daß ſehr dünne Körper auch wohl doppelt geſehen werden, daß in einer feinen Spalte mehrere dunkele parallele Streifen erſcheinen u. d. m. Man halte eine Stecknadel nicht ſehr weit von dem einen Auge, während man das andere ſchließt, und ſehe gegen das erleuchtete Fenſter hin; die

Stecknadel erſcheint doppelt. Man halte die Finger nahe zuſammen und ſehe durch die Spalte, man wird viele Streifen, wie Fäden, erblicken. Manchmahl ſind dieſe Erſcheinungen mit farbigen verbunden, ſo z. B, wenn man durch die feinen Haare der Hüte oder andere ſehr feine Fäden nach der Sonne hinſieht.

Genauer läßt ſich dieſe Ablenkung der Lichtſtrahlen in einem verfinſtertem Zimmer beobachten; man kann darüber Verſuche anſtellen, davon manche ganz einfach ſind, andere aber ſchon zuſammengeſetzte Apparate vorausſetzen.

Zu den einfacheren gehören folgende: a) Es wird in ein verfinſtertes Zimmer ein Lichtkegel geleitet, ein dünner Körper darein gehalten, und der Schatten desſelben in einiger Entfernung aufgefangen; er iſt in der Nähe ziemlich ſcharf begränzt. Wird aber die auffangende Fläche weiter entfernt: ſo erſcheinet der Schatten breiter als er ſeyn ſollte; es zeigt ſich, wenn die Entfernung allmählich vergrößert wird, in der Mitte des Schattens eine Lichtlinie; dann erſcheinen mehrere, die ſich beyderſeits ſymmetriſch ordnen und endlich farbige Säume bilden. — b) Man laſſe das Licht durch eine feine Spalte eintreten, die man vergrößern und verkleinern kann, wozu man eine Vorrichtung braucht, an der ſich eine bewegliche Metallplatte mittelſt einer Schraube mehr oder weniger einer unbeweglichen nähern läßt. So lange die Spalte noch ziemlich groß iſt, zeigt ſich an einer auffangenden weißen Tafel ein bloßer Lichtſchein. Wie aber die Spalte verengert wird, zeigt der Lichtſchein ſich breiter als er ſeyn ſollte; es kommen bey ſtärkerer Verengerung derſelben parallele Lichtlinien zum Vorſchein, die endlich farbig werden und ſich immer vermehren, je enger die Spalte wird. — c) Man laſſe den ins verfinſterte Zimmer geleiteten Lichtkegel einige Fuß weit von der Öffnung des Fenſterladens noch einmahl durch ein ſehr kleines Loch gehen, und fange es dann an einer recht weißen Fläche auf: es erſcheinen hier farbige Kreiſe.

Am beſten aber laſſen ſich die Erſcheinungen der Beugung mittelſt des von Fraunhofer angegebenen Verfahrens beobachten. Es wird nähmlich durch eine feine Spalte ein längliches Lichtbüſchel in das verfinſterte Zimmer gelaſſen, und ein

achromatiſches Fernrohr ſo gegen die Spalte geſtellt, daß man dieſe deutlich ſieht. An das Objectivglas des Fernrohres wird ein kleiner Schirm gleichfalls mit einer ſehr ſchmalen Öffnung parallel mit jener Spalte angebracht, und nun in das Fernrohr geſehen. Man erblickt in der Mitte einen weißen Streifen w w (Zeichn. 293.), welcher gegen beyde Seiten zu gelb und roth iſt, dann folgt ein Farbenbild (zunächſt violett und am Ende roth), an dieſes ſchließt ein zweytes ſich an, an welchem aber das Violett fehlt, dann ein drittes, an dem auch Blau fehlt u. ſ. w. Wird homogenes Licht ſtatt des vollen Sonnenlichtes der Beugung unterworfen: ſo zeigen ſich anſtatt der Farbenbilder bloße Streifen von der Farbe des verwendeten Lichtes, welche durch dunkle Räume unterbrochen ſind. Je mehr dieſe Streifen ſich von der Mitte entfernen, deſto ſchwächer werden ſie. Stellt man dieſen Verſuch nach und nach mit verſchieden farbigem Lichte an: ſo findet man, daß die Streifen im rothen Lichte am breiteſten ſind, ſchmäler im gelben, im grünen ꝛc., am ſchmälſten im violetten — Stellt man ſtatt eines Schirmes mit einer einzigen ſchmalen Öffnung mehrere feine Öffnungen vor das Fernrohr (z. B. einen kleinen Rahmen, in welchem parallele Drähte neben einander ausgeſpannt ſind): ſo ſieht man zu beyden Seiten des Bildes der Spalte, in einiger Entfernung davon, eine Menge Farbenbilder, wie ſie in der Zeichn. 294. angedeutet werden; ſie werden von der Mitte weg immer breiter und matter. — Aus der Beugung des Lichtes ſucht man auch viele Farbenerſcheinungen zu erklären, die oft die Reflexion begleiten, z. B. das Farbenſpiel der Perlmutter, der Flügeldecken mancher Inſecten, der Irisknöpfe ꝛc.

Außer den angegebenen Erſcheinungen laſſen ſich noch verſchiedene andere beobachten, wenn man an der Stelle des kleinen Schirmes Öffnungen von verſchiedener Geſtalt anbringt. Läßt man z. B. ein durch eine runde Öffnung eingelaſſenes Licht auf eine quadratförmige fallen: ſo ſieht man ein farbiges Kreuz. Hat aber der Schirm eine runde Öffnung: ſo zeigen ſich farbige Ringe. Iſt die Öffnung ringförmig, ſo zeigen ſich gleichfalls Ringe. Kommen die Lichtſtrahlen durch zwey kleine runde oder eckige Öffnungen auf das Objectivglas des Fernrohres: ſo zeigt ſich eine in der Zeichn. 295. angedeutete Erſcheinung; die weißen Stellen nähmlich ſind Farbenbilder. Wen-

det man drey Öffnungen an, welche wie Spitzen eines gleichſeitigen Dreyeckes geſtellt ſind: ſo zeigt ſich die Erſcheinung wie in der Zeichnung 296. Noch überraſchender iſt die Erſcheinung, wenn viele gleichweit von einander abſtehende viereckige Löcher angewendet werden.

Zur bequemen Beobachtung der einfacheren Brechungserſcheinungen hat Meyer gleichfalls einen Apparat angegeben, den er Inflexioſkop genannt hat. Es iſt ein Rohr (etwa von Pappe), welches, wie die zu Fernröhren gehörigen, ſich verlängern und verkürzen läßt. An dem einen Ende wird eine Spalte angebracht, bey dem andern ſieht man durch eine Linſe hinein; irgendwo in der Mitte wird ein feiner Draht angebracht, oder eine zweyte Spalte. Man erblickt dieſen und jenen beyderſeits mit farbigen Säumen. —

Es wurde oben geſagt, daß die Streifen, welche man bey Anwendung des homogenen Lichtes ſieht, am breiteſten im rothen Lichte erſcheinen, am ſchmälſten im violetten. Sie werden in der Zeichn. 297. angedeutet. — Biot und Pouillet, welche den Verſuch über Beugung ſo anſtellten, wie es im §. 809. bey b. angegeben wird, und das Bild mit einem mattgeſchliffenen Glaſe auffingen, bemühten ſich auch die verhältnißmäßige Abſtände von der Mitte des Bildes bis zur Mitte des erſten, zweyten ꝛc. Streifens zu meſſen, und fanden dieſe Abſtände, wie ſie in der Zeichn. 298. angegeben ſind. —

Machten die Ränder der Spalte, durch welche das Licht die Beugung erlitt, einen kleineren Winkel: ſo erſchienen die farbigen Streifen nicht parallel, ſondern es traten die Strahlen, die aus den engeren Zwiſchenräumen kamen, weiter aus einander, ſo daß die Erſcheinung beyläufig die Geſtalt der Zeichn. 299. hatte, welche im Ganzen trapezoidiſch iſt, aber krumme Streifen enthaltend.

Merkwürdig ſind auch die von Herſchel beobachteten Erſcheinungen an Sternen, wenn man ſie durch ein ſtark vergrößerndes Fernrohr betrachtet, vor deſſen Objectiv eine Blendung angebracht wird. Man ſieht den Stern als eine Scheibe mit concentriſchen farbigen Kreiſen. Abgeändert wird die Erſcheinung durch Abänderung der Geſtalt der Blendung.

§. 809. **Hypothetiſche Anſichten.** In der Emanationshypotheſe ſucht man die Erſcheinung der Beugung theils durch Anziehung, theils durch Abſtoßung der Körper gegen das vorbeygehende Licht zu erklären. Die Vibrationshypotheſe erkläret ſie aus der Ablenkung der Wellen, die an dem Körper vorbeygehen. Dieſe Erſcheinung iſt übrigens günſtiger der Vibrationshypotheſe,

weil die materielle Beſchaffenheit der beugenden Körper keine Verſchiedenheit der Beugungsphänomene herbeyführt.

Die vollſtändige Auseinanderſetzung dieſer Anſichten läßt ſich nicht leicht ſo kurz darſtellen, als es der dieſem Werke geſtattete Raum und die Tendenz desſelben zuläßt. (Man findet mehr darüber vorzüglich in Fraunhofer's Abhandlung: Neue Modificationen des Lichtes ꝛc. München 1822; dann in Herſchels Werke: vom Lichte. Nur ſo viel kann noch bemerket werden, daß die Erſcheinung der Beugung ſich gewöhnlich mit dem Phänomen der Interferenz verbindet, und bloß in dieſem Falle Farben ſich zeigen. Iſt nähmlich (Zeichn. 300.) s ein leuchtender Punct und gelangt (der Vibrationsanſicht gemäß) die von ihm ausgehende Welle an die Öffnung m n: ſo erleidet ſie Abwendungen an den Rändern der Öffnung, wodurch neue Wellen entſtehen, die im Fortgange einander ſchneiden. Die ſich weiter verbreitende und erweiternde Geſammtwelle m′ n′, m″n″ kann mithin als eine aus den neuen bey m und n entſtandenen zuſammengeſetzte angeſehen werden.

Fraunhofer hat aus ſeinen Beobachtungen der Beugungserſcheinungen die Länge der Lichtwellen zu beſtimmen geſucht. Er fand folgende:

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Für | das | rothe | Licht | die | Wellenlänge | 0,00002422 | Par. Zoll. |
| » | » | rothgelbe | » | » | » | 0,00002175 | » |
| » | » | grüne | » | » | » | 0,00001945 | » |
| » | » | lichtblaue | » | » | » | 0,00001794 | » |
| » | » | dunkelblaue | » | » | » | 0,00001587 | » |
| » | » | violette | » | » | » | 0,00001464 | » |

## II. Farbenerſcheinungen an dünnen Körperſchichten.

§. 810. Merkwürdig ſind die Farbenerſcheinungen, welche man an dünnen durchſichtigen Körpern durch zurückgeſtrahltes Licht wahrnimmt. Sie ſind mit der Dicke der Körper veränderlich, und bey einem gewiſſen Durchmeſſer verſchwinden ſie. So beobachtet man z. B. ſchöne farbige Ringe, wenn ein Tropfen Öhl auf die Oberfläche des Waſſers gelegt wird. Es verbreitet ſich derſelbe (nach §. 529.) zu einer ſehr dünnen, aber nicht durchgängig gleich dünnen Schichte. Ähnliche Erſcheinungen zeigen Seifenblaſen, welche auch oben dünner ſind als

unten, eben ſo ſehr feine Glaskugeln, kleine Bläschen anderer Materien, z. B. der Schokolade u. d. m. Hinlänglich dünne, feine Gummiplättchen, feine Sprünge in Kryſtallen und andern Körpern geben oft ein ſchönes Farbenſpiel. Mit mehr Regelmäßigkeit erſcheinen Farben, wenn ein flaches convexes Glas auf ein recht eben geſchliffenes gelegt wird, und dann beyde Gläſer gegen einander gedrückt werden. Denn nun erſcheint bey einem gewiſſen Grade des Druckes an der Stelle, wo beyde Gläſer ſich berühren, ein dunkler kreisförmiger Fleck, um dieſen herum aber ſchöne farbige Ringe, welche durch zwiſchen liegende dunkle Ringe getrennt ſind. Hier iſt zwiſchen den zwey Gläſern eine dünne Luftſchichte. Sieht man dagegen durch ſolche Gläſer hindurch: ſo zeigt ſich der mittlere Fleck weiß; an der Stelle der dunklen Ringe des vorigen Verſuches erſcheinen weiße, an der Stelle der gefärbten auch gefärbte, aber mit andern Farben, nähmlich mit den complementären (§. 791.). — Einfacher wird der Verſuch, wenn man anſtatt weißen Lichtes homogenes auf die Gläſer fallen läßt, oder ſie durch ein gefärbtes Glas betrachtet. Dann erſcheinen die früheren farbigen Ringe alle in der Farbe des gewählten homogenen Lichtes, z. B. des rothen, gelben ꝛc., und jeder Ring iſt von dem andern durch einen dunkeln Zwiſchenraum getrennt. Wo im reflectirten Lichte die farbigen Ringe erſchienen ſind, erſcheinen im durchgelaſſenen Lichte die dunkeln. Stellt man dieſen Verſuch nach und nach mit verſchiedenem homogenen Lichte an: ſo findet ſich, daß die Ringe im rothen Lichte größer und breiter ſind, als im gelben ꝛc., und am kleinſten im violetten Lichte ſich zeigen.

Aus dieſer einfachern Erſcheinung ergibt ſich nun wieder die zuſammengeſetztere, die im Weißlichte Statt findet. Denn da jeder homogene Beſtandtheil des Weißlichtes Ringe von ſeiner Farbe erzeugt, dieſe aber (wie gemeldet worden iſt) ſowohl im Durchmeſſer als in der Breite ungleich ſind: ſo müſſen nothwendiger Weiſe viele Ringe zum Theil über einander fallen und die verſchiedenen Mittelfarben hervorbringen.

Verſuche über Newton's Farbenringe. Dieſe Ringe laſſen ſich leicht beobachten an zwey ſehr flachen Convexlinſen (oder einer Con-

verlinſe und einem Planglaſe), die in einer Faſſung mittelſt Schrauben an einander gedrückt werden. Sollen dieſe Erſcheinungen von mehreren Perſonen zugleich beobachtet werden: ſo müſſen die in einer ähnlichen Faſſung zuſammengeſchraubten Converlinſen ſehr klein ſeyn, um als ein Object für ein Mikroſkop zu dienen. Man ſetzt ſie in ein Sonnen- oder Lampenmikroſkop ein und fängt das vergrößerte Bild an einer weißen Tafel auf. Auf dieſe Weiſe erhalten ſelbſt die kleinſten Ringe einen mehrere Zoll großen Durchmeſſer. Es iſt gut, ſich eines gemäßigten Lichtes zu bedienen. Übrigens kommt es bey den Erſcheinungen der Ringe darauf an, wie ſtark die Gläſer an einander gedrückt werden, je dünner mithin die zwiſchen ihnen enthaltene Luftſchichte iſt. Durch ſtärkern Druck werden die Ringe im homogenen Lichte größer, im Weißlichte anders gefärbt. Ein ganz gelinder Druck erzeugt im letzteren Falle abwechſelnde purpurne und grüne Ringe mit einer purpurnen oder grünen Mitte. Ein ſtärkerer Druck gibt andere Farben; erſt bey ziemlich ſtarkem Drucke erſcheint die Mitte dunkel mit weißer Umgebung und den farbigen Ringen. — Schief angeſehen erſcheinen die Ringe etwas größer.

Meſſungen. Newton hat mit großem Fleiße die im homogenen Lichte erſcheinenden Ringe gemeſſen, ſich eines Zirkels dazu bedient, und folgende Reſultate erhalten. Setzt man den Durchmeſſer des kleinſten = 1, ſo ſind die Durchmeſſer aller: 1; 1,73205; 2,22607; 2,64575; 3; 3,31663; 3,60555; 3,87290. Erhebt man jede dieſer Zahlen auf die zweyte Potenz: ſo erhält man die Zahlen: 1, 3, 5 u. ſ. w. Mit andern Worten: Bey jedem homogenen Lichte nehmen die zweyten Potenzen der Durchmeſſer der farbigen Ringe ſo zu, wie die zweyten Potenzen der ungeraden Zahlen, mithin die zweyten Potenzen der Durchmeſſer der dunklen Zwiſchenkreiſe, wie die der geraden Zahlen.

Newton hat auch die Größen der verſchieden gefärbten Ringe im Weißlichte mit vielem Fleiße beobachtet und aufgezeichnet, ferner ihre Durchmeſſer mit denen im homogenen Lichte verglichen, und ſo beyde Erſcheinungen im Zuſammenhange mit einander betrachtet. Sie ſind für das reflectirte Licht in der Zeichn. 301. angedeutet.

Verwandte Farbenerſcheinungen. Dergleichen gibt es ſehr viele; manche indeſſen ſind zu denjenigen zu zählen, die wir erſt ſpäter abhandeln werden. Unter andern hat vorzüglich v. Goethe die Fälle geſammelt, in welchen an der Oberfläche eines farbloſen Körpers ſich ohne eigentliche Färbung desſelben Farbenerſcheinungen zeigen. Er nennt dieſe Farben die epoptiſchen, und gibt dazu folgende Bedingungen an: 1. Wenn zwey glatte Flächen

harter durchſichtiger Körper einander berühren (wenn nähmlich Glasmaſſen, Glastafeln, Linſen an einander gedrückt werden; wenn in einer Glas-, Kryſtall- oder Eismaſſe ein Sprung entſteht; wenn ſich Lamellen durchſichtiger Steine von einander trennen). — 2. Wenn eine Glasfläche oder ein geſchliffener Stein angehaucht wird. — 3. Wenn beyde oben angegebenen Bedingungen verbunden werden, wenn man nähmlich eine Glastafel anhaucht, eine andere darauf legt, die Farben durch Druck erregt, dann das Glas abſchiebt, da ſich denn die Farben nachziehen, und mit dem Hauche verfliegen. — 4. Wenn Blaſen verſchiedener Flüſſigkeiten entſtehen, als: Blaſen aus Seife, Schokolade, Bier, Wein, feine Glasblaſen. — 5. Wenn feine Häutchen und Lamellen bey mineraliſchen und metalliſchen Auflöſungen entſtehen, z. B. das Häutchen an der Oberfläche ſtehender Wäſſer, beſonders eiſenſchüſſiger; ingleichen Häutchen von Öhl auf dem Waſſer, das Häutchen von Firniß auf Scheidewaſſer. — 6. Wenn Metalle erhitzt werden (Anlaufen des Stahls und anderer Metalle). — 7. Wenn die Oberfläche des Glaſes angegriffen wird. Das Blindwerden oder Trüben des Glaſes geht nach und nach über in eine Farbenerſcheinung. (S. zur Farbenlehre. Bd. I. S. 164.)

§. 811. Hypothetiſche Anſichten. — 1. Nach der Emanationshypotheſe. Newton hat die Erſcheinungen daraus zu erklären geſucht, daß er annahm ein Lichttheilchen, das eine dünne Schichte durchgegangen iſt, erhalte dadurch eine Neigung entweder leichter durch das zweyte Mittel durchzugehen oder leichter zurückgeworfen zu werden. Daher bey homogenem Lichte die Abwechslungen von dunkeln Ringen mit lichten. Bey verſchieden farbigem Lichte, meinte er, ſey dieſe Neigung verſchieden, daher gehe an irgend einer Stelle das eine farbige Licht hindurch, das andere werde reflectirt, woraus die Zerſetzung des Weißlichtes in farbiges erfolge, und die verſchieden farbigen Ringe zum Vorſchein kommen. —

2. Aus der Vibrationshypotheſe. In dieſer ſieht man die hier abgehandelte Erſcheinung als eine Folge der Interferenz an. Jeder auf die erſte Fläche des Blättchens auffallende Strahl wird theils durchgelaſſen, theils reflectirt. Auch von dem durchgelaſſenen wird von der zweyten Fläche ein Theil reflectirt. Von dieſen Strahlen treffen bey ihrem Rückgange

viele zuſammen und können durch Interferenz ihre Wirkung verſtärken, ſchwächen oder aufheben, je nachdem ihre Wege gleich oder ungleich ſind, und je nachdem im zweyten Falle die Differenzen ihrer Wege beſchaffen ſind. Daher denn die lichten und dunkeln Ringe im homogenen Lichte. Auch läßt ſich im Allgemeinen begreifen, wie dieſe Ringe bey den verſchiedenen Gattungen homogenen Lichtes, d. h. beym Lichte von verſchiedener Wellenlänge verſchiedene Größen erhalten. Kann endlich eine Welle von beſtimmter Länge (Weißlicht) in Wellen von verſchiedener Länge (in farbiges Licht) zerſetzt werden: ſo erklären ſich auch die durch Weißlicht entſtehenden verſchiedenfarbigen Ringe.

Wer eine weitere Ausführung des Gegenſtandes wünſchet, findet eine ſolche unter andern in Herſchel's bereits angeführtem Werke vom Lichte.

Newton nennet die verſchiedenen Dispoſitionen, die ein durch eine brechende Fläche durchgegangenes Lichttheilchen erhält, und vermöge deren es eine zweyte Fläche dieſes Mittels entweder leichter durchgeht, oder leichter reflectirt wird, Anwandlungen des leichtern Durchganges oder der leichtern Zurückwerfung. Biot, der dieſe Anſicht weiter durchgeführt hat, nimmt an, jedes Lichttheilchen werde in gewiſſen Puncten, mit denen es ankommt, angezogen, in andern Puncten abgeſtoßen. Durch Achſendrehung des Theilchens werden periodiſch bald dieſe bald jene Puncte gegen die Fläche zugewendet, wovon dann der leichtere Durchgang oder die leichtere Reflexion die Folge ſey. (S. Traité de Physique. Vol. V.)

## I. Polariſirung des Lichtes.

§. 812. **Allgemeiner Begriff.** Wenn das Licht von Körpern iſt zurückgeworfen worden, oder durchſichtige Körper durchgegangen iſt: ſo hat es unter beſtimmten Umſtänden neue Eigenſchaften erhalten, welche ihm früher nicht eigen waren. Es wird nähmlich von Körpern, auf die es jetzt auffällt, nicht wie früher bey jeder Lage der zurückwerfenden oder brechenden Fläche zurückgeworfen oder durchgelaſſen. Man gab dieſer mit dem Lichte vorgegangenen Veränderung den Nahmen Polariſirung oder Polariſation, und ein ſo verändertes Licht wird

polariſirtes genannt. Es hängt übrigens, wie ſpäter gezeigt werden ſoll, von dem Winkel ab, den der einfallende Strahl mit der von ihm getroffenen Fläche bildet, ob er vollſtändig oder unvollſtändig polariſirt werde.

Ein auffallendes Beyſpiel von Polariſation möge folgendes ſeyn. Man nehme ein dünnes (etwa $1/2$ Linie dickes) Plättchen von Turmalin, welches erhalten wird, indem man dieſes in Prismen kryſtalliſirende Mineral parallel mit der Achſe des Prisma geſpalten hat. Sieht man hindurch, ſo erblickt man auf dieſe Weiſe einen lichten Gegenſtand, z. B. eine Flamme oder lichte Wolken, wie durch ein gefärbtes Glas. Man halte nun ein ſolches Plättchen in einer feſten Lage, halte ein anderes gleiches Plättchen zwiſchen dem erſten und dem Auge, und drehe das zweyte in ſeiner Ebene langſam herum: ſo wird man bemerken, daß das Licht abwechſelnd an Helligkeit abnimmt und zunimmt, und zwar auf folgende Weiſe. Haben die Plättchen eine und dieſelbe Lage, wird z. B. die der ehemahligen Achſe parallele Richtung bey beyden Plättchen vertical gehalten: ſo hat das Maximum der Helligkeit Statt; wird das zweyte Plättchen ſo weit gedreht, daß dieſe Richtungen einen rechten Winkel mit einander bilden, ſo zeigt ſich das Minimum; bey fernerer Drehung nimmt die Helligkeit zu bis zum Maximum, wenn nähmlich die Lage dieſer Richtungen wieder parallel iſt u. ſ. w. Es iſt daraus klar, daß das durch das erſte Plättchen durchgelaſſene Licht durch das zweyte nicht bey jeder Lage dieſes letztern gleich gut durchgelaſſen werde. Ähnliches werden wir auch vom zurückgeworfenen Licht kennen lernen.

Man kann (bloß um ein Bild, und zwar ein ziemlich rohes, zu haben) ſich einen unpolariſirten Lichtſtrahl als ein cylindriſches Stänglein vorſtellen, dagegen einen polariſirten als einen vierſeitigen prismatiſchen oder plattgedrückten Stab. Das Verhältniß des erſtern zu einer gegebenen Fläche ändert ſich nicht, man mag ihn um ſeine Achſe wie immer drehen; wohl aber iſt dieſes der Fall bey dem zweyten, dieſer hat verſchiedene Seiten und dieſe eine verſchiedene Lage gegen die Ebene. War die letztere ein Gitter: ſo würde der Cylinder in jeder Lage durchgehen, wenn nur das Gitter weit genug iſt; nicht ſo der prismatiſche Stab, wie von ſelbſt einleuchtet.

§. 813. Leichte Kennzeichen des polariſirten Lichtes. Es ſind vorzüglich folgende: 1) Polariſirtes Licht geht durch ein auf die im §. 812. angegebene Weiſe geſchnittenes Turmalinplättchen nicht bey jeder Lage dieſes Plättchens gegen den einfallenden Strahl mit gleicher Leichtigkeit hindurch. 2) Polariſirtes Licht erleidet im Doppelſpathe bey gewiſſen Lagen des letzteren nur eine Brechung; ein Gegenſtand, von welchem polariſirtes Licht ausgehet, erſcheinet dann durch einen Doppelſpath geſehen, nicht doppelt.

§. 814. Polariſationswinkel; Polariſationsebene. Um über einen polariſirten Strahl mit Beſtimmtheit ſprechen zu können, muß angegeben werden, was man unter jenem Winkel und dieſer Ebene verſtehe.

Polariſationswinkel iſt derjenige, den der auf eine Fläche auffallende Strahl mit dieſer Fläche bilden muß, um vollſtändig polariſirt zu werden. Er iſt verſchieden nach der Verſchiedenheit der Körper, von denen das Licht polariſirt wird, und hängt ab von der brechenden Kraft dieſer Körper. Brewſter hat in Beziehung auf dieſen Winkel folgendes Geſetz aufgefunden: Der Polariſirungswinkel iſt derjenige, bey welchem der Strahl auffallen muß, damit der zurückgeworfene Strahl mit dem gebrochenen einen rechten Winkel bilde. Iſt (Zeichn. 302.) st der einfallende, tu der zurückgeworfene und tv der gebrochene Strahl, und iſt vtu ein rechter Winkel: ſo iſt der Winkel i der Polariſationswinkel. Bey Glas iſt i = 35° 25′.

Polariſationsebene iſt diejenige Ebene, in welcher der einfallende Strahl, das Einfallsloth und der durch Zurückwerfung polariſirte Strahl liegt. Sie iſt mithin dieſelbe mit der Reflexionsebene bey einem durch Reflexion polariſirten Strahle. Bey einem durch Refraction polariſirten aber iſt die Polariſirungsebene die auf die Brechungsebene ſenkrechte.

Man könnte eben ſo gut ſagen, der Polariſationswinkel iſt derjenige Einfallswinkel, bey welchem der Strahl auffallen muß, damit er mit dem Brechungswinkel zuſammengenommen = 90° ſey. Denn iſt (Zeichn. 303.) $r + \beta = i + \beta = 90°$, ſo iſt auch $e + b = 90°$. Bey Glas iſt $i = r$ nahe $= 35° 25'$, mithin $e = \beta =$

54° 35′. Es iſt ferner *sin.* e : *sin.* b = *sin.* 54° 35′ *sin.* 35° 25′ = 0.8149593 : 0.5795183, nahe = 3 : 2.

Sehr ſtark brechende Körper polariſiren das Licht unter gar keinem Winkel vollſtändig. Denn kömmt der gebrochene Strahl beynahe ins Einfallsloth: ſo müßte der zurückgeworfene (und mithin auch der einfallende) beynahe parallel mit der zurückwerfenden Fläche ſeyn. Darum wird auch das Licht durch die Metalle ſo wenig polariſirt, da ihre Brechungskraft ſehr groß iſt (§. 769. Zuſ.).

Der Polariſationswinkel iſt für Waſſer = 37°, für Topas = 31°, für den Diamant = 23°.

Man kann auch ſagen: Polariſationsebene iſt diejenige Ebene, in welcher der polariſirte Strahl liegt und gegen welche perpendiculär er nicht zurückgeworfen wird, wenn er auf eine reflectirende Fläche unter dem Polariſationswinkel auffällt.

§. 815. Entgegengeſetzte Zuſtände der Polariſation, und unpolariſirtes Licht. — Iſt ein Lichtſtrahl in einer gewiſſen Ebene polariſirt, ein anderer aber in einer Ebene, die mit jener einen rechten Winkel macht: ſo ſagt man, dieſe zwey Lichtſtrahlen ſeyen im entgegengeſetzten Zuſtande der Polariſation. Wenn nähmlich der erſte Strahl auf eine Fläche ſo auffällt, daß er von ihr zurückgeworfen wird: ſo wird der andere nicht zurückgeworfen, und umgekehrt. Ein nicht polariſirter Strahl wäre mithin ein ſolcher, der (in ſeinen verſchiedenen Theilen) in den verſchiedenſten Ebenen polariſirt iſt, denn eben darum iſt er dann, im Ganzen genommen, in keiner Ebene polariſirt. Man ſtellt ſich einfacher einen unpolariſirten Strahl ſo vor, als beſtünde er aus zwey Strahlen, die entgegengeſetzt (nähmlich in zwey auf einander ſenkrechten Ebenen) polariſirt ſind.

§. 816. Mittel, um Verſuche bequem anzuſtellen. Es iſt räthlich, irgend einen Apparat ſich zu verſchaffen, an welchem ſich eine zurückwerfende oder brechende Fläche in eine beliebige Lage bringen läßt, daß die Strahlen unter beliebigen Winkeln auffallen, dann eine zweyte reflectirende oder brechende Fläche ſo, daß dieſelben Strahlen nach ihrer erſten Zurückwerfung oder Brechung wieder unter einem beliebigen Winkel aufge-

fangen werden können. Die letzteren Flächen müſſen drehbar ſeyn, damit die neue Zurückwerfungs- oder Brechungsebene mit der Polariſirungsebene ebenfalls jeden beliebigen Winkel machen könne. — Außer dieſem iſt es nothwendig, einige polariſirende Körper zu beſitzen.

Der bekannteſte Polariſirungsapparat iſt der von Biot. Er iſt (mit einigen, doch unweſentlichen Abänderungen) in der Zeichn. 304. abgebildet. — Er beſteht in einem Rohre AB, welches an beyden Enden mit Anſätzen verbunden iſt, davon der eine ſich drehen läßt. An jedem Anſatze iſt ein Ring oder ein Rahmen R, r, der unter einem beliebigen Winkel geſtellt werden kann. In dem Rahmen laſſen ſich Spiegel oder Glastafeln anbringen. Um die Größe der Neigungswinkel und der Drehungen zu bemerken, ſind in K, K′ und K″ graduirte Kreiſe angebracht. Um die polariſirten Strahlen durch eine kleine Öffnung gehen zu laſſen, dient ein mit einer ſolchen Öffnung verſehener Deckel, mit dem das eine Ende der Röhre verſchloſſen wird. Um das Licht durch irgend einen durchſichtigen Körper von A nach B zu leiten, wird dieſer in einen ähnlichen, gleichfalls leicht drehbaren und mit einer großen Öffnung verſehenen Deckel auf irgend eine Weiſe feſtgemacht, oder (beym verticalen Stand der Röhre) nur aufgelegt. Bequem fand ich dazu eine Abänderung des angegebenen Apparates, bey welcher das Rohr AB noch etwas kürzer genommen wird. —

Seebeck hat gleichfalls eine ſehr einfache Vorrichtung zu dieſem Behufe angegeben. — Viel Bequemlichkeit gewährt auch durch ihre verticale Stellung die von Baumgartner angegebene, in Zeichn. 305. abgebildete Abänderung. S iſt ein gewöhnlicher Spiegel, durch welchen das Tageslicht auf den in s angebrachten geſchwärzten unter dem gehörigen Winkel geleitet wird. Das Tiſchchen T dient, um die Körper aufzunehmen, durch die das polariſirte Licht gehen ſoll. Der Rahmen R iſt drehbar; das Übrige bedarf keiner Erklärung. —

Die vorzüglichſten polariſirenden Körper werden bey den einzelnen Erſcheinungen eigens angegeben werden.

§. 817. Überſicht der Polariſationserſcheinungen. — Die Hauptfälle, in welchen dieſe Erſcheinungen ſich zeigen, kommen vor: bey der Reflexion, bey der gewöhnlichen Brechung des Lichtes, bey der doppelten Strahlenbrechung. — Äußerſt merkwürdig ſind die Farbenerſcheinungen, welche die Polariſation oft begleiten,

und theils in doppelt brechenden Kryſtallen Statt finden, theils in andern Körpern, welche durch gewiſſe Behandlungen einige Ähnlichkeit mit dieſen Kryſtallen erhalten.

Übrigens gibt es der Erſcheinungen durch Polariſation eine ſolche Menge, daß hier nur die wichtigſten ausführlicher abgehandelt werden können. Wer eine noch vollſtändigere Belehrung wünſchet, kann ſie in den Werken finden, welche in der dieſem zweyten Bande angefügten Literatur angeführt werden.

§. 818. I. Polariſation durch Reflexion. — Fällt auf eine unbelegte Glastafel Licht, deſſen Richtung mit ihr einen Winkel von 35° 25′ bildet: ſo wird ein Theil davon nach dem bekannten Reflexionsgeſetze zurückgeworfen. Dieſes zurückgeworfene Licht iſt polariſirt; die neuen Erſcheinungen, die es zeigt, ſind folgende: 1) Es wird von einer zweyten Glastafel nicht in jeder Lage der letzteren gleich gut zurückgeworfen. Fällt es nähmlich auf eine zweyte unbelegte Glastafel, welche mit der erſten eine parallele Lage hat, und bildet mithin jeder auffallende Strahl mit dieſer ebenfalls einen Winkel von 35° 25′: ſo wird es hier nach dem Geſetze der Zurückſtrahlung reflectirt, in welchem Falle (wie man ſieht) die Zurückſtrahlungsebenen (§. 744.) beyder Glastafeln zuſammenfallen. Wird aber die zweyte Glastafel (ohne ihre beſtimmte Neigung gegen die Richtung des Strahls zu ändern) ſo gedreht, daß die beyden Zurückſtrahlungsebenen einander unter einem rechten Winkel ſchneiden: ſo wird von der zweyten Tafel das Licht nicht mehr reflectirt. Wenn die Tafeln dieſer letztern gegenſeitigen Lage ſich nähern: ſo hat zwar noch immer eine Zurückſtrahlung Statt, wird aber immer ſchwächer, und endlich null. Fährt die zweyte Tafel fort ſich weiter zu drehen: ſo wirft ſie neuerdings Licht zurück und immer mehr und mehr, bis das Maximum der Zurückwerfung erreicht iſt, welches dann der Fall iſt, wenn die Zurückwerfungsebenen wieder zuſammenfallen. Nun wird bey fortgeſetzter Drehung der zweyten Tafel die Reflexion wieder ſchwächer und ſchwächer, bis die Zurückwerfungsebenen ſich neuerdings unter einem rechten Winkel ſchneiden, hier iſt ſie

zum zweyten Mahle null. Bey ferner fortgeſetzter Drehung der zweyten Glastafel nimmt die Reflexion wieder zu, und erreicht ihr Maximum, wenn die Tafel in ihre erſte Lage kommt. Man ſieht, daß die Zurückwerfung zweymahl ihr Maximum erreicht und zweymahl ihr Minimum. — Eben um dieſen beſtimmten Einfallswinkel zu erhalten, dienet die Einrichtung des Polariſirungsapparates. Iſt nähmlich der Spiegel A (Zeichn. 304.) ſo geſtellt, daß ſeine Fläche mit der Achſe des Rohres einen Winkel von 35° 25′ bildet: ſo können nur diejenigen Strahlen parallel mit der Achſe des Rohrs zurückgeworfen werden, welche auf den Spiegel einfallend mit ihr gleichfalls jenen Winkel machen. Hat der zweyte Spiegel B dieſelbe Neigung gegen die Achſe des Rohres: ſo iſt natürlicher Weiſe der Einfallswinkel der Strahlen derſelbe wie am erſten Spiegel. Man richtet nun den ganzen Apparat ſo, daß man das Bild einer Flamme oder eines erleuchteten Objectes, welches ſich in dem erſten Spiegel abgeſpiegelt hat, im zweyten Spiegel erblickt. Dreht man nun dieſen zweyten Spiegel (ohne ſeine Neigung zu ändern) langſam um die Achſe des Rohrs: ſo erſcheint dieſes Bild immer matter, und iſt am matteſten, wenn die Drehung 90° beträgt. Fährt man mit der Drehung fort: ſo wird das Bild wieder lichter; iſt am lichteſten bey einer Drehung um 180°, wird dann matter u. ſ. w. Würden vom erſten Spiegel keine anderen Strahlen zurückgeworfen, als die mit der Achſe des Rohres parallelen: ſo würde am zweyten gar keine Reflexion Statt finden. Um ſich auch davon zu überzeugen, verſchließe man das Rohr am erſten Spiegel A mit einem Deckel, der eine kleine Öffnung in der Mitte hat. Läßt man nun auf den Spiegel A Licht auffallen: ſo erblickt man in dem andern Spiegel B das Bild der Öffnung offenbar durch Strahlen, welche mit der Achſe des Rohrs parallel ſind. Dreht man nun den letztern: ſo wird das Bild matter, verſchwindet nach einer Vierteldrehung beynahe ganz, erreicht nach einer halben Drehung das Maximum von Helligkeit u. ſ. w. — Dieſe Verſuche geben bey ſchwachem Lichte, z. B. bey bewölktem Himmel, genauere Reſultate als bey ſtärkerer Beleuchtung. — 2) Das durch die Zurückwerfung po-

lariſirte Licht hat dieſelbe Eigenſchaft, als ob es durch das oben (§. 812.) beſchriebene Turmalinplättchen durchgegangen wäre. Denn wenn man ein ſolches Turmalinplättchen vor dem Auge haltend nach dem Spiegel A hinſieht, und es langſam in ſeiner Ebene dreht: ſo bemerkt man dieſelbe Zunahme und Abnahme der Helligkeit, als ob das Licht ſchon durch ein Turmalinplättchen durchgegangen wäre, wie nähmlich bey dem eben dort (§. 812.) angeführten Verſuche.

Dieſes polariſirte Licht erleidet auch in einem Doppelſpathe bey manchen Stellungen desſelben nur eine Brechung; man ſieht demnach nur ein Bild (§. 813.). Wir werden an einem ſpätern Orte dieſe Erſcheinung genauer angeben.

§. 819. Gegenſatz der Reflexion und Refraction. — Dieſer Gegenſatz überhaupt iſt ohnedieß allgemein bekannt: ſo viel Licht nähmlich durch einen durchſichtigen Körper durchgelaſſen wird, ſo viel desſelben wird nicht reflectirt. In Beziehung auf den durch Reflexion polariſirten Strahl aber gilt folgender Verſuch. Man gebe an die Stelle des zweyten Spiegels eine Anzahl von Glasplatten (etwa zwölf Stück) in einem Rahmen, und ſtelle ſie unter den Polariſationswinkel. Wenn man nun durch dieſe Platten auf den Spiegel hinſieht: ſo wird man ein darin ſich abgeſpiegeltes Bild bedeutend matt erblicken, ſo lange die Reflexionsebene des Spiegels und die Refractionsebene der Glasplatten zuſammenfallen. Man drehe dieſe Platten, ohne ihre Neigung zu ändern, ſo, daß jene Reflexions- und Refractionsebenen ſich rechtwinkelig ſchneiden: und das Bild erreicht nun das Maximum ſeiner Helligkeit.

§. 820. II. Polariſation durch gewöhnliche Brechung. Auch das durch einen durchſichtigen Körper, z. B. durch Glas durchgehende Licht wird polariſirt. Läßt man nähmlich durch eine Glasplatte Licht unter dem Polariſationswinkel durchgehen: ſo wird ein Theil zurückgeworfen, der andere durchgelaſſen. Jenes iſt polariſirt, wie wir ſchon wiſſen (§. 818.);

aber auch dieſes iſt es, doch nur zum Theil. Geht es durch eine zweyte Platte, ſo wird wieder ein Theil davon polariſirt. Dasſelbe geſchieht in einen dritten ꝛc. Geht es nun durch eine hinreichende Anzahl von Platten: ſo iſt es vollſtändig polariſirt. — Sieht man durch eine ſolche Anzahl von Platten auf einen nicht ſtark erleuchteten Gegenſtand hin, und hält zwiſchen den Platten und dem Auge ein Turmalinplättchen: ſo wird man auch hier den oben (§. 818.) angegebenen Wechſel von Helligkeit und Dunkelheit wahrnehmen, ſobald man das Turmalinplättchen in ſeiner Ebene herumdreht.

Man hat bemerkt, daß in dem Falle, wenn die Zahl der Glastafeln beträchtlich iſt, man ſie noch weiter vermehren könne, ohne daß das Licht nun merklich geſchwächt werde. — Die Polariſirung beginnt übrigens, ſobald das Licht nur ſchief einfällt, iſt aber natürlich am beträchtlichſten, wenn dieſes unter dem Polariſationswinkel geſchieht.

§. 821. Gegenſatz der Polariſation durch Refraction und Reflexion. — Das durch Refraction polariſirte Licht iſt in einer Ebene polariſirt, welche mit der Refractionsebene einen rechten Winkel bildet, wo dagegen das durch Reflexion polariſirte in der Reflexionsebene polariſirt war. Wird nähmlich der Rahmen mit den Glasplatten ſtatt des erſten Spiegels A gebraucht: ſo wird von dem am andern Ende unter den Polariſationswinkel geſtellten Spiegel B das Licht am beſten zurückwerfen, wenn die Refractions- und Reflexionsebene ſich rechtwinkelig ſchneiden; dagegen ſehr dürftig, wenn beyde genannten Ebenen zuſammenfallen.

§. 822. III. Polariſation durch doppelte Strahlenbrechung. — Wenn ein Lichtſtrahl durch einen doppelt brechenden Kryſtall durchgehend in zwey Strahlen iſt getheilt worden: ſo ſind dieſe beyden Strahlen polariſirt, und zwar entgegengeſetzt (§. 815.) nähmlich in Ebenen, die einander rechtwinkelig ſchneiden, wie aus Folgendem erſichtlich iſt. Sieht man eine kleine Öffnung durch ein achromatiſirtes Doppelſpath-

prisma: ſo ſieht man ſie doppelt. Ein ſolches Prisma eignet ſich zu mancherley Verſuchen und gewährt viele Bequemlichkeit. Hält man nun zwiſchen das Doppelſpathprisma und das Auge ein auf oben (§. 812.) angegebene Art bereitetes Turmalinplättchen: ſo erblickt man bey einer gewiſſen Stellung des letzteren zwey Bilder. Dreht man das Turmalinplättchen: ſo wird das eine Bild heller, das andere matter und verſchwindet endlich. Es erſcheint bey fortgeſetzter Drehung wieder, nimmt an Helligkeit zu, bis beyde gleich hell ſind; dagegen wird das andere immer matter und verſchwindet u. ſ. w. Man ſieht daraus einen Gegenſatz dieſer beyden Bilder, und mithin die entgegengeſetzte Polariſation des gewöhnlich und ungewöhnlich gebrochenen Strahles; während nähmlich der eine am leichteſten durchgelaſſen wird, wird der andere am ſchwerſten durchgelaſſen. Auch die im §. 812. angeführte Erſcheinung, bey welcher das durch ein Turmalinplättchen durchgegangene Licht durch ein zweytes ähnliches Plättchen, bey verſchiedenen Lagen des letzteren, ein Mahl leicht, das andere Mahl ſchwer durchgehet, gehöret hierher; denn auch der Turmalin iſt ein doppelt brechender Kryſtall, deſſen Brechungsachſe aber mit ſeiner geometriſchen zuſammenfällt, daher jene Plättchen eben darum, weil ſie parallel mit der Achſe geſchnitten ſind, keine Doppelbilder geben (§. 783.)

Der in dieſem §. angegebene Verſuch mit dem Doppelſpathe und dem Turmalinplättchen kann auch umgekehrt werden. Man kann nähmlich eine kleine Öffnung mit einem Turmalinplättchen bedecken, und indem ſie mittelſt durchgehenden Lichtes beleuchtet wird, durch ein Doppelſpathprisma betrachten. Man erblickt, wenn man das Prisma drehet, bald zwey Bilder, bald eines.

§. 823. Vorzüglich belehrend ſind folgende an zwey Doppelſpathen ſich zeigende Erſcheinungen. Man lege ein Kalkſpathrhomboëder über einen ſchwarzen, auf ein Blatt weißen Papiers gezeichneten Punct; man wird dieſen (wie wir ſchon wiſſen) durch den Kryſtall doppelt ſehen. Man lege ein zweytes Kalkſpathrhomboëder über das erſte ſo, daß die Hauptſchnitte (§. 782.) beyder dieſelbe Lage erhalten; man ſieht nun wie-

der zwey Bilder des ſchwarzen Punctes, nur etwas mehr entfernt von einander. Es iſt dabey nichts anders geſchehen, als daß der Kryſtall eine größere Dicke erhalten hat; und der gewöhnlich gebrochene Strahl ſowohl als der ungewöhnlich gebrochene gehen nur weiter aus einander. — Man drehe jetzt langſam das obere Rhomboëder, damit die Hauptſchnitte aus der parallelen Lage kommen, und man wird bald ſtatt zweyer Bilder vier erblicken, aus denen die zwey neuen anfangs ganz undeutlich ſind, aber immer deutlicher werden, dagegen die frühern undeutlicher. Alle vier ſind gleich deutlich, ſobald das obere Rhomboëder den achten Theil einer ganzen Umdrehung vollendet hat. Offenbar erleidet hier der gewöhnlich gebrochene Strahl ſowohl die gewöhnliche als die ungewöhnliche Brechung, und eben ſo der ungewöhnlich gebrochene; daher die vier Bilder. Fährt man zu drehen fort: ſo werden *die urſprünglichen zwey Bilder noch ſchwächer* und verſchwinden ganz, wenn wieder ein Achtel der ganzen Umdrehung erfolgt iſt, wenn nähmlich die Hauptſchnitte mit einander einen rechten Winkel bilden. Hier iſt jeder Strahl nur ein Mahl gebrochen, und zwar der gewöhnlich gebrochene nur auf ungewöhnliche Art, der ungewöhnlich gebrochene nur auf gewöhnliche Art; dieſes folgt eben daraus, weil die urſprünglichen zwey Bilder verſchwunden ſind, und nur die ſecundären Bilder ſich zeigen. Bey weiter fortgeſetzter Drehung erſcheinen wieder vier Bilder; es erleidet mithin wieder ſowohl der gewöhnlich als der ungewöhnlich gebrochene Strahl beyde Brechungen. Es werden zugleich hier, wie oben, die neuen Bilder immer ſtärker, die früheren ſchwächer, ſo daß, ſobald die Hauptſchnitte beyder Kryſtalle wieder parallel ſtehen, bloß die zwey neuen Bilder ſich zeigen. Hier iſt, wie anfangs, der im erſten Kryſtall gewöhnlich gebrochene Strahl nur auf gewöhnliche Art, der ungewöhnlich gebrochene nur auf ungewöhnliche Art gebrochen. Die Erſcheinungen wiederhohlen ſich auf dieſelbe Weiſe, wenn die Drehung neuerdings fortgeſetzt wird, und man kann das Ganze mit folgenden Worten zuſammenfaſſen: In einer Lage, in welcher die Hauptſchnitte beyder Kryſtalle parallel ſind, wird der im erſten Kryſtalle auf gewöhnliche Art gebrochene Strahl auf gewöhn-

liche Art, der auf ungewöhnliche Art gebrochene auf ungewöhnliche Art in dem zweyten Kryſtalle gebrochen. In der Lage, wo die beyden Hauptſchnitte einen rechten Winkel mit einander bilden, erleidet der in dem erſten Kryſtalle auf gewöhnliche Art gebrochene Strahl in dem zweyten Kryſtalle die ungewöhnliche Brechung, der in dem erſten auf ungewöhnliche Art gebrochene die gewöhnliche. In den vier Zwiſchenſtellungen, wo vier Bilder erſcheinen, werden die im erſten Kryſtalle auf gewöhnliche und ungewöhnliche Art gebrochenen Strahlen im zweyten Kryſtalle ebenfalls auf beyde Arten gebrochen, daher die vier Bilder.

Das Allgemeinſte der Erſcheinung beſteht in dem bereits im §. 822. Gemeldeten, nähmlich: Ein Lichtſtrahl wird durch Brechung im Doppelſpathe in zwey Strahlen zerlegt, welche beyde polariſirt ſind, aber im entgegengeſetzten Zuſtande der Polariſation ſich befinden. Und zwar iſt der gewöhnlich gebrochene polariſirt in der Ebene des Hauptſchnittes, der ungewöhnlich gebrochene in einer darauf ſenkrechten Ebene.

Auch das durch Reflexion polariſirte Licht (§. 818.) muß ſich mithin bey ſeinem Durchgange durch einen Doppelſpath anders verhalten, je nachdem die Reflexionsebene (welche hier auch die Polariſationsebene iſt) mit dem Hauptſchnitte des Kryſtalles parallel iſt oder mit ihm einen rechten Winkel bildet. Im erſten Falle werden alle durchgehenden Strahlen auf die gewöhnliche Art gebrochen (es kann demnach nur ein Bild erſcheinen); im letztern Falle werden alle Strahlen auf die ungewöhnliche Art gebrochen (es kann auch nur ein Bild erſcheinen); in den Zwiſchenfällen erleidet ein Theil des Lichtes die gewöhnliche, ein anderer Theil die ungewöhnliche Brechung (es erſcheinen demnach zwey Bilder). — Dieſes iſt die bereits in §. 818. Zuſ. kurz erwähnte Erſcheinung.

Hier ergibt ſich die Gelegenheit, auch von der Art und Weiſe, wie die Reflexion des Lichtes im Innern eines doppelt brechenden Kryſtalls vorgehet, etwas zu ſagen. Es falle (Zeichn. 306.) ein Strahl a b auf die obere Fläche des Kryſtalls k. Ein Theil desſelben wird in der Richtung b c zurückgeworfen, ein Theil geht in den Kryſtall, und bildet dort zwey Strahlen, den gewöhnlich gebrochenen b g, den ungewöhnlich gebrochenen b u. Da ſich jeder durch Reflexion wieder in zwey Strahlen theilt: ſo ſind g g′, g u′, und u g″ u u″ die vier reflectirten Strahlen. Liegt nun der Strahl a b in der Ebene des Hauptſchnittes: ſo verſchwinden zwey aus

dieſen Strahlen. Denn das in g und u auffallende Licht iſt ein polariſirtes, und verhält ſich eben ſo, wie wenn es aus einem unteren zweyten Kryſtalle in der Richtung S g und s u aufgefallen wäre.

§. 824. Änderung der Polariſation. Die vorzüglichſte findet Statt, wenn ein in einer gewiſſen Ebene polariſirter Strahl in der entgegengeſetzten Ebene (§. 815.) polariſirt wird. Das leichteſte Beyſpiel darüber iſt Folgendes. Wenn zwey Turmalinplättchen ſo über einander gelegt werden, daß das durch das erſte durchgegangene Licht durch das zweyte größtentheils nicht durchgelaſſen wird (§. 812.), und man legt nun ein Plättchen Glimmer oder kryſtalliſirten Gyps (welche beyde gleichfalls doppelt brechende Kryſtalle ſind) dazwiſchen: ſo geht bey gewiſſen Lagen des eingelegten Plättchens das Licht hindurch. Hier iſt das durch die erſte Turmalinplatte durchgegangene Licht mittelſt des Glimmerplättchens in entgegengeſetzter Ebene polariſirt worden, und eben darum geht es nun durch das zweyte Turmalinplättchen, als ob die Lage ſeiner Achſe mit der des erſten parallel wäre (§ 812.). Man hat dieſe Änderung Depolariſation genannt, was ſie eigentlich nicht iſt, wenn man darunter eine gänzliche Entpolariſirung (Aufhebung der Polariſation) verſtehen wollte. — Außerdem iſt mit dieſer Erſcheinung bey einer gewiſſen Dünne des Plättchens auch eine Farbenerſcheinung verbunden, von welcher ſpäter eigens die Rede ſeyn wird.

Das bey dieſem Verſuche angewendete Verfahren, nähmlich die Einſchiebung zwiſchen zwey Turmalinplättchen, iſt ein leichtes Mittel, um zu unterſuchen, ob irgend eine Subſtanz eine doppelt brechende ſey.

Außer der angegebenen ſind noch andere Änderungen des Polariſationszuſtandes beobachtet worden, denen man eigene Nahmen (elliptiſche und circuläre Polariſation) gegeben hat. Da indeſſen eine deutliche Darſtellung davon eine größere Ausführlichkeit erfordern würde, als der dieſem Buche vergönnte Raum geſtattet, und doch nur eine ſolche einigen Vortheil gewährt: ſo finden wir es gerathener, den Leſer in Beziehung auf dieſe Erſcheinungen auf Herſchels bereits angeführtes Werk vom Lichte zu verweiſen. —

§. 825. Farbenerſcheinungen durch polariſirtes Licht. Dieſe merkwürdigen Erſcheinungen zeigen ſich vor-

zugleich, wenn polariſirtes Licht durch einen doppelt brechenden Kryſtall durchgehet, nachher wieder auf einen polariſirenden Körper fällt, und dann erſt durch Reflexion oder Refraction ins Auge gelangt. Dieſe Erſcheinungen ſind anders, wenn die durch den Kryſtall gehenden Strahlen mit der Brechungsachſe des Kryſtalls einen rechten Winkel machen, und anders, wenn ſie mit dieſer Achſe eine parallele Richtung haben. Beyde Fälle ſollen betrachtet werden.

Manche Kryſtalle zeigen übrigens auch ſchon Farbenerſcheinungen durch unpolariſirtes Licht. So z. B. erſcheint ein Würfel aus Dichroit blau nach der Richtung der Brechungsachſe, gelb in einer darauf ſenkrechten; in der erſteren abſorbirt er alle Strahlen, die blauen ausgenommen, in der letzteren alle außer den gelben. — Ein Würfel aus Turmalin iſt in der Richtung der Achſe undurchſichtig, in der darauf ſenkrechten erſcheint er in irgend einer Farbe, die nicht bey allen Turmalinen dieſelbe iſt (meiſtens grün oder braun).

§. 826. I. Geht polariſirtes Licht durch einen doppelt brechenden Kryſtall ſenkrecht auf deſſen Achſe: ſo erſcheint der Kryſtall unter den im §. 825. angegebenen Umſtänden farbig, wenn zugleich die Polariſationsebene des Strahls mit der Brechungsebene des Kryſtalls einen Winkel von 45° macht. Ein leichter Verſuch darüber iſt folgender. Zwiſchen zwey auf die im §. 812. angegebene Art geſchnittene Turmalinplättchen (mithin zwey polariſirende Körper) wird ein Plättchen kryſtalliſirten Gypſes (Fraueneis) gelegt. Dieſer iſt ein doppelt brechender Kryſtall, deſſen Brechungsachſe in der Ebene des Plättchens liegt. Wird nun das Ganze gegen ein erleuchtetes Fenſter gehalten und das Gypsplättchen in ſeiner Ebene gedreht: ſo wird man bald eine Lage finden, wo keine Färbung ſich zeigt. Dreht man fort: ſo erſcheinet die Färbung ſogleich, und iſt nach einer Achteldrehung am ſtärkſten; wieder nach einer Achteldrehung verſchwindet ſie, erſcheint bey fernerer Achteldrehung neuerdings am ſtärkſten u. ſ. w. Die Färbung iſt immer null, ſo oft die Brechungsachſe des Gypskryſtalls entweder parallel iſt mit der Brechungsachſe der Turmalinplättchen, oder mit ihr einen rechten Winkel macht, ſo oft mithin die Polariſationsebene des Strahls mit

der Brechungsachſe des Gypskryſtalles parallel oder auf ihr ſenkrecht iſt; ſie iſt dagegen in den Zwiſchenlagen am lebhafteſten. — Legt man die Turmalinplättchen ſo, daß ihre Achſen ſich ſenkrecht ſchneiden, und wiederhohlt den Verſuch: ſo hat man denſelben Wechſel von Erſcheinungen; aber die ſich zeigenden Farben ſind die complementären zu denen des vorigen Verſuches.

Man kann übrigens das Gypsplättchen auch, ſtatt es zwiſchen die zwey Turmalinplättchen zu bringen, zwiſchen die zwey Spiegel des Polariſirungsapparates halten. Man ſieht in dem zweyten Spiegel dasſelbe Wechſeln von Farben, wenn das Gypsplättchen gedreht wird; denn auch hier geht der polariſirte Strahl durch den Gypskryſtall, auf den zweyten polariſirenden Spiegel und von dieſem ins Auge. — Nimmt man ſtatt des zweyten Spiegels die Glasplatten, und ſieht durch dieſe auf das Gypsplättchen: ſo erſcheinen die complementären Farben des früheren Verſuches, wie ſich zum voraus erwarten läßt (§. 819.).

Ähnliche Erſcheinungen gibt ein dünnes Glimmerplättchen.

Übrigens erſcheinen verſchiedene Farben, wenn das Plättchen gegen die durchgehenden Strahlen unter verſchiedenen Winkeln geneigt wird. Ferner hängt auch bey derſelben Lage des Plättchens ſeine Farbe ab von ſeiner Dicke. Dieſe Eigenſchaft eines Glimmerplättchens bey beſtimmter Dicke eine beſtimmte Farbe zu geben, und mit geänderter Dicke oder geänderter Neigung eine beſtimmte andere Farbe zu zeigen, hat Biot benützt, um eine Art Farbenmeſſer zu conſtruiren. (Man findet die Beſchreibung eines ſolchen in Biot's Naturlehre.)

§. 827. II. Wenn polariſirtes Licht durch Kryſtallplättchen durchgegangen iſt, welche ſenkrecht (oder nahe ſenkrecht) auf ihre Achſe geſchnitten ſind: ſo zeigt es nach nochmahliger Reflexion oder Refraction durch einen polariſirenden Körper andere und zwar ſehr ſchöne Farbenerſcheinungen. Zu Verſuchen dienet bequem ein auf die angegebene Weiſe geſchnittenes gleichförmig dickes Plättchen von Doppelſpath. Wird dieſes zwiſchen die zwey gehörig geſtellten Spiegel des Polariſirungsapparates gebracht; ſo erſcheinet im zweyten Spiegel das Bild des Plättchens mit farbigen concentriſchen Ringen unterbrochen durch ein weißes oder ſchwarzes Kreuz (wie in den Zeichn. 307. u. 308.),

je nachdem die Reflexionsebenen der zwey Spiegel zuſammenfallen oder ſich rechtwinkelig ſchneiden. Werden ſtatt des zweyten Spiegels Glasplatten verwendet, und durch dieſe auf das Kryſtallplättchen geſehen: ſo erſcheint das weiße Kreuz bey der Lage der Glasplatten, bey welcher im Spiegel das ſchwarze erſchienen wäre, und umgekehrt.

Man kann bey Verſuchen mit kleinen Platten dieſe auch zwiſchen die zwey bereits oft angeführten Turmalinplättchen legen, und das Ganze nahe an das Auge halten. — Ähnliche Erſcheinungen, wie das Doppelſpathplättchen, geben auch Plättchen von andern einachſigen Kryſtallen (z. B. Beryll, Bergkryſtall ꝛc.).

Iſt ein ſolches Plättchen vollkommen gleichartig: ſo bewirkt eine Drehung desſelben keine Änderung der Ringe oder des Kreuzes, aber der kleinſte Mangel an Gleichartigkeit zeigt ſich durch irgend eine Biegung oder Verzerrung der Zeichnung. — Iſt ferner ein ſolches Plättchen ſchief gegen die Achſe geſchnitten worden: ſo ſind die Ringe oval. —

Andere Erſcheinungen als ein einachſiger Kryſtall, zeigt ein zweyachſiger. Iſt ein Plättchen aus einem ſolchen Kryſtalle ſenkrecht auf diejenige Linie geſchnitten, welche die Winkel der beyden Achſen halbirt: ſo zeigen ſich die Ringe wie in der Zeichnung 309., vorausgeſetzt, daß der Winkel, den beyde Achſen bilden, ganz klein iſt. Hier fällt die urſprüngliche Polariſationsebene mit der Ebene der zwey Achſen zuſammen, auch hat man ihre beyden Pole noch im Geſichtsfelde. Iſt dieſer Winkel ein größerer: ſo iſt die Erſcheinung wie in der Zeichn. 310. Eine Drehung des Plättchens um 45 Grade gibt den Ringen die Geſtalt, wie in Zeichn. 311., eine halb ſo große Drehung aber wie in Zeichn. 312. Dieſe Erſcheinungen zeigen ſich z. B. bey Plättchen aus Salpeter. — Bey Plättchen aus Kryſtallen, deren Achſen einen ſehr großen Winkel bilden, ſieht man die Erſcheinung, wie in Zeichn. 313. Ein dergleichen Kryſtall iſt der Aragonit.

Auch von dieſen farbigen Ringen ꝛc. laſſen ſich mancherley Anwendungen machen. Es läßt ſich nähmlich beſtimmen, ob irgend ein Licht polariſirt ſey oder nicht. Man lege zu dieſem Behufe ein Bergkryſtallplättchen auf ein Turmalinplättchen, halte das letztere vors Auge, und ſehe auf den Gegenſtand, von dem das fragliche Licht kommt. Erblickt man nun farbige Ringe: ſo iſt das Licht, indem es auf das Bergkryſtallplättchen fällt, ſchon in dem Zuſtande, als ob es bereits durch ein Turmalinplättchen gegangen wäre, mithin polariſirt. —

Ferner findet man die Lage der Achſe eines doppelt brechenden Kryſtalls; denn die Ringe erſcheinen (nach Obigem) nur dann kreisförmig, wenn die Achſe des durch den Kryſtall gehenden Strahlenkegels mit deſſen Brechungsachſe parallel iſt. — Bey Kryſtallen mit zwey Achſen läßt ſich die gegenſeitige Neigung derſelben beſtimmen. Sind dieſe Achſen nur wenig geneigt: ſo zeigen die zwey Mittelpuncte der ovalen Ringe (Zeichn. 309.) die Pole der Brechungsachſen an. — Man hat durch ähnliche Beobachtungen gefunden, daß die Temperatur die Lage der Achſen etwas ändern könne (ſo z. B. fallen in einem Gypsplättchen die beyden Achſen zuſammen bey der Temperatur von etwas über 73° R.). — Man hat gefunden, daß nicht ein Glimmer dem andern gleich ſey; nach Biot gibt es Glimmer mit attractiver Achſe und mit repulſiver (§. 785.), einachſigen und zweyachſigen. — Man hat ſogar gefunden, daß ein Kryſtall für jedes verſchieden farbige Licht eine andere Brechungsachſe haben könne. Wird nähmlich homogenes Licht durchgeleitet, und die entſprechenden Ringe erſcheinen nur bey einer gewiſſen Lichtgattung: ſo gilt nur für dieſe Gattung die aufgefundene Achſe. (So fand Brewſter den Glauberit einachſig für das violette Licht, zweyachſig für die übrigen Lichtgattungen.)

§. 828. **Ähnliche Farbenerſcheinungen durch andere Körper, beſonders durch Glas.** Damit das Glas dergleichen bewirke, muß es durch irgend eine in ſeinem Innern hervorgebrachte Ungleichförmigkeit einem doppelt brechenden Kryſtalle ähnlich gemacht werden. Wirklich hat man gefunden, daß ein vierſeitiges rechtwinkeliges Glasprisma (von der Dicke etwa eines Zolles) das Bild einer dadurch geſehenen Nadelſpitze doppelt gezeigt habe, nachdem man es in einer kleinen eiſernen Preſſe etwas zuſammengedrückt hat. Drückt man auf dieſe Weiſe einen kleinen Glaswürfel zuſammen, und bringet ihn zwiſchen die zwey Spiegel des Polariſirungsapparates: ſo zeiget er Farben, die ſich mit der Stärke des Druckes ändern. Vorzüglich aber bedient man ſich der Wärme, um dem Glaſe dieſe Eigenſchaft zu ertheilen. Eine Glasplatte von dickem Spiegelglaſe zeigt parallele Streifen, wenn man an ihren Rand ein heißes Eiſen hält; ein kleiner Glascylinder mit einer Vertiefung in ſeiner Mitte zeiget concentriſche Ringe, wenn man dieſe Vertiefung mit heißem Queckſilber füllt. Dieſe Eigenſchaften verliert

aber das Glas wieder, wenn die innere Ungleichförmigkeit aufhört. Man kann indeſſen ſie bleibend machen, wenn man das erhitzte Glas ſchnell abkühlt. — Wird eine Glasmaſſe bis etwa zum Weichwerden erhitzt und dann plötzlich abgekühlt (etwa durch Ausſetzung an die kalte Luft): ſo erſtarren die äußeren Schichten bereits, während die inneren noch weich ſind. Dieſe ſuchen bey der Erſtarrung ſich zuſammenzuziehen, werden aber daran von der äußeren Rinde zum Theil gehindert; daher die Spannung zwiſchen allen ſeinen Theilchen, die große Sprödigkeit und Gebrechlichkeit eines ſolchen Glaſes. Iſt indeſſen die Abkühlung weniger ſchnell geſchehen: ſo läßt ſich ein ſolches Glas mit gehöriger Vorſicht ſchneiden und poliren. Ein dergleichen Glas gewährt nun in dem Polariſirungsapparate ſehr ſchöne farbige Erſcheinungen. Das Bild eines Würfels aus ſchnell abgekühltem Glaſe erſcheint an ſeinen vier Ecken mit ſchönen farbigen vorherrſchend blauen Tupfen geziert (wie in der Zeichn. 314.), es zeiget ſich mithin ein weißes, die Farben durchſchneidendes Kreuz. Sieht man, anſtatt das Bild im Spiegel zu betrachten, durch die ſtatt des Spiegels B eingeſetzten ſchief geſtellten Glasplatten nach dem Würfel hin: ſo zeiget er ſich mit einem ſchwarzen Kreuze und in den Ecken mit gelben, ins Blaue ſtrahlenden Tupfen (Z. 315.). Wird der zweyte Spiegel, oder der Rahmen mit den Glasplatten ſo gedreht, daß die jetzige Reflexions- oder Refractionsebene mit der vorigen einen rechten Winkel bildet: ſo zeigt ſich die entgegengeſetzte Erſcheinung, nähmlich ſtatt des weißen Kreuzes das ſchwarze, und umgekehrt.

Auch andere Körper zeigen im Polariſirungsapparate farbige Erſcheinungen, z. B. Gallerte, vorzüglich von Hauſenblaſe. Wird eine ſolche Maſſe gehörig ausgedehnt, und man läßt ſie trocknen und hart werden: ſo zeigt ſie (nach Brewſter's Verſuchen) permanente polariſirende Eigenſchaften.

Die farbigen Erſcheinungen in dem Glaswürfel ſind übrigens bey verſchiedenen Würfeln nicht vollkommen gleich; ſie ſind mehr oder weniger reich an Farben, je nachdem das Glas mehr oder weniger ſchnell iſt abgekühlt worden; doch zeigt ſich bey allen die Erſcheinung des ſchwarzen oder weißen Kreuzes. Ferner zeigen ſich andere Geſtalten,

wenn das Glas ſelbſt eine andere Geſtalt hat. So z. B. erſcheinen in einem Glascylinder farbige Ringe, ein Viertel-Cylinder gibt die Erſcheinung wie in der Zeichn. 316., u. d. m.

§. 829. Die Erklärung dieſer Erſcheinungen iſt nicht leicht, wenn ſie genügend ſeyn ſoll. So viel iſt klar, daß der polariſirte Strahl bey ſeinem Durchgange durch ein doppelt brechendes Plättchen in zwey Theile zerlegt werde, die unter rechten Winkeln polariſirt ſind. Wie entſtehen aber die Farben? Biot meint, daß die farbigen Beſtandtheile des weißen Strahles im Kryſtalle ihren Polariſationszuſtand allmählich ändern; daher es geſchehen könne, daß z. B. der rothe Theil anders polariſirt ſey als der grüne. Andere (z. B. Fresnel) halten die Erſcheinung für eine Folge der Interferenz. Da beyde Erklärungsweiſen ſich an die hypothetiſchen Anſichten vom Lichte anſchließen: ſo muß es genügen, ſie hier bloß angedeutet zu haben. Nur ſo viel muß beygefügt werden, daß die Erklärung durch Interferenz ſich auf einen Satz ſtütze, welcher nicht hypothetiſch iſt, ſondern durch Erfahrungen iſt beſtätigt worden. Es iſt folgender: Nur diejenigen polariſirten Strahlen interferiren (wirken verſtärkend oder ſchwächend auf einander), welche in derſelben Ebene (§. 815.) polariſirt ſind.

Mehrere zur Beſtätigung dieſes Satzes angeſtellte Verſuche findet man in Herſchels Werke vom Lichte in §. 959. u. f., angeführt. An dieſen Satz ſchließen ſich noch folgende an: Zwey Strahlen, welche anfangs entgegengeſetzt polariſirt waren, können auf dieſelbe Polariſationsebene zurückgeführt werden, werden aber dadurch nicht in den Stand geſetzt, mit einander Interferenzen hervorzubringen; — zwey in entgegengeſetzten Ebenen polariſirte Strahlen dagegen, die dann in gleiche Zuſtände der Polariſation zurückgeführt werden, treffen wie natürliches Licht zuſammen, vorausgeſetzt, daß ſie beyde einem Strahle zugehören, welcher anfangs ganz in derſelben Ebene polariſirt wurde. — Auch über dieſe Sätze werden dort beſtätigende Erfahrungen angeführt. Übrigens laſſen ſich dieſelben aus der Annahme der Vibrationshypotheſe herleiten.

## Hypothetiſche Anſichten über die Polariſirung und doppelte Strahlenbrechung.

§. 830. I. Nach der Emanationshypotheſe hat man dieſe Erſcheinungen durch die Annahme zu erklären geſucht, daß jedes Lichttheilchen, wenn es in einer gewiſſen Lage auf einen Körper auffällt, leichter zurückgeworfen als durchgelaſſen oder verſchluckt werde, in einer andern Lage ankommend aber leichter durchgelaſſen oder verſchluckt als zurückgeworfen werde. In ſo fern denkt man ſich in jedem Lichttheilchen zwey entgegengeſetzte Puncte (Pole), deren Verbindungslinie eine Achſe genannt werden kann, um ſo von der Lage der Theilchen leichter ſprechen zu können. Man ſieht ein, daß jedes einzelne Lichttheilchen nur bey irgend einer Lage ſeiner Achſe auf einen Körper auffallen könne, und hiermit iſt jedes einzelne Theilchen wirklich polariſirt. In einer Reihe von Lichttheilchen aber kann jedes einzelne eine andere Lage ſeiner Achſe haben; dieſes iſt der Fall bey gewöhnlichem Lichte; von welchem immer, wenn es auf einen durchſichtigen Körper fällt, ein Theil durchgelaſſen, ein Theil zurückgeworfen wird. Durch die Zurückwerfung aber eben ſo wie durch die Brechung werden die Achſen der zurückgeworfenen und der durchgelaſſenen Theilchen in beſtimmte Lagen geſtellt, und zwar in andere Lagen die erſteren als die letzteren. Beyde ſind nun polariſirt, und werden mithin von einem zweyten Körper leichter zurückgeworfen oder leichter durchgelaſſen, je nachdem die Stellung ihrer Achſen in Beziehung auf die Fläche, auf welche ſie jetzt auffallen, der Zurückwerfung oder dem Durchgehen günſtig iſt. Es wird übrigens auch von den Winkeln abhängen, unter welchen ſie auf die erſte Fläche aufgefallen ſind, ob die Wendung ihrer Achſen eine größere oder kleinere werden konnte, ob ſie nähmlich vollſtändig oder unvollſtändig polariſirt wurden. Eben ſo wird es von dem Winkel, den ſie mit der zweyten Fläche machen, abhängen, ob ſelbſt die vollſtändig polariſirten nun ſchwer oder gar nicht reflectirt, durchgelaſſen, oder abſorbirt werden. Woraus ſich denn das erklärt, was von der Polariſationsebene und dem Polariſationswinkel iſt gelehrt worden. — Da übrigens dieſe Wirkung auf die Lichttheilchen der verſchieden farbigen Lichtgattungen verſchieden iſt: ſo können in einem weißen

Lichtſtrahle die verſchieden farbigen Lichtgattungen eine dem Grade nach verſchiedene Wendung der Achſe (eine dem Grade nach verſchiedene Polariſirung) erleiden, deren Folge dann die mannigfaltigen, bey der Polariſirung oft Statt findenden Farbenerſcheinungen ſeyn müſſen.

Die doppelte Brechung iſt eine Folge der Polariſirung (Stellung verſchiedener Lichttheilchen desſelben Strahles in zwey verſchiedene Lagen) durch die Molecularwirkung des Kryſtalles. Denn haben ſie nun verſchiedene Lagen: ſo muß dieſelbe Molecularwirkung die einen Theilchen anders ablenken, als die andern, ſie nehmen daher zwey Wege, bilden alſo zwey Strahlen.

II. Nach der Vibrationshypotheſe ſucht man die Polariſirung und doppelte Strahlenbrechung aus jener im §. 722. Zuſ. angegebenen Hülfshypotheſe zu erklären, nach welcher die Vibrationen der Theilchen in jeder Welle ſenkrecht auf die Richtung der Fortpflanzung (der Fortſchreitung der Wellen) vor ſich gehen. Bey allen übrigen Erſcheinungen des Lichtes nähmlich läßt ſich die Wellenbewegung ganz analog derjenigen annehmen, welche bey der Fortpflanzung des Schalles Statt findet, bey welcher die Vibrationen in der Richtung der Fortpflanzung geſchehen, in abwechſelnden Verdichtungen und Verdünnungen beſtehen, die Wellen in ihrem Fortſchreiten concentriſche ſich erweiternde Kugelſchalen bilden (§. 606.) u. ſ. w. Allein hierbey ließe ſich allerdings nicht einſehen, wie ein Lichtſtrahl in Beziehung auf die eine Seite eine andere Beſchaffenheit haben könne, als in Beziehung auf die andere, die von der erſten um einen rechten Winkel entfernt iſt, was doch bey den polariſirten Strahlen der Fall iſt; denn bey einer ſphäriſchen Welle läßt ſich keine Verſchiedenheit der Seiten annehmen. Bey der Vorausſetzung der Querſchwingungen aber läßt ſich die Sache erklären. Es wird nähmlich angenommen, daß bey gewöhnlichem Lichte dieſe Querſchwingungen in den verſchiedenen Theilen der fortſchreitenden Wellen nach den verſchiedenſten Richtungen vorgehen. Fällt aber eine Welle auf die Fläche eines Körpers: ſo wird die Richtung dieſer Querſchwingungen ſowohl in der zurückgeworfenen als in der weiter fortſchreitenden Welle geändert; dieſes und jenes Licht iſt polariſirt, und zwar

das eine im entgegengeſetzten Sinne in Beziehung auf das andere (§ 815.). Es kann mithin die neue Welle, wenn ſie wieder auf eine Fläche fällt, nur zurückgeworfen oder nur durchgelaſſen oder abſorbirt werden. Doch wird es auch hier von dem Winkel abhängen, den der Strahl mit der Fläche macht, auf die er auffällt, ob die Polariſation mehr oder weniger vollſtändig ſeyn werde; eben ſo wird auch der polariſirte Strahl von der zweyten Fläche nur bey irgend einem beſtimmten Einfallswinkel an der Zurückſtrahlung oder am Durchgehen vollſtändig gehindert werden. In Beziehung auf die verſchieden farbigen Erſcheinungen iſt hier bloß die Schwierigkeit vorhanden, welche überhaupt für die Zerſetzung einer Welle von beſtimmter Länge in Wellen von verſchiedener Länge obwaltet, welche aber nach §. 804. ſich gleichfalls heben läßt; das Übrige hat dann weniger Schwierigkeit. Die Farbenerſcheinungen erkläret man nähmlich aus der Interferenz. —

Die doppelte Strahlenbrechung iſt bekanntlich (§. 822.) immer mit der Polariſirung verbunden, und beſteht eben darin, daß ein auf einen doppelt brechenden Körper auffallender Strahl in zwey entgegengeſetzt polariſirte getheilt wird. Den Vorgang dabey und den Grund desſelben kann man ſich beyläufig ſo vorſtellen. Ein Kryſtall hat nicht nach jeder Richtung ein gleichförmiges inneres Gefüge (§. 487.), mithin auch nicht nach jeder Richtung eine gleiche Elaſticität. Die Lage ſeiner Theilchen kann auch auf die Elaſticität des in ihm enthaltenen Äthers von Einfluß ſeyn. Man ſetze nun, der Äther habe ſenkrecht auf die Achſe des Kryſtalls einen gewiſſen Grad von Elaſticität, in jeder andern Richtung aber ſey der Widerſtand gegen die Verſchiebung oder Annäherung ſeiner Theilchen ein anderer; man nehme ferner an, es komme ein Strahl in der Richtung S t (Z. 317.), die Achſe des Kryſtalls endlich ſey x y. Die Vibrationen ſind (nach §. 722. Zuſ.) ſenkrecht auf x y, können übrigens bey einem unpolariſirten Strahle in den verſchiedenſten Richtungen vorgehen, davon wir aber nur zwey einander winkelrecht ſchneidende in Betracht ziehen wollen, die eine, die wir uns ſenkrecht auf der Ebene des Papieres denken können, und

die ſich eben darum nicht zeichnen läßt, die andere aber, welche durch die Linie vr angedeutet wird. Die erſte iſt zugleich ſenkrecht auf der Achſe xy, die andere ſchief auf derſelben. Die erſteren Vibrationen müſſen in dem Kryſtalle eine größere oder kleinere Änderung ihrer Geſchwindigkeit erleiden, als die anderen; die Welle theilt ſich mithin in zwey, deren jede eine andere Ablenkung haben wird, und es entſteht ſo der gewöhnlich und der ungewöhnlich gebrochene Strahl. Der erſte würde Statt finden, wenn auch die Elaſticität des Äthers nach jeder Richtung gleich wäre, der zweyte iſt aber eine Folge der Ungleichförmigkeit jener Elaſticität.

Es würde uns hier (in einem Werke nähmlich, wo es uns vorzüglich um das Thatſächliche der Erſcheinungen, und die aus dieſem abgeleiteten Naturgeſetze (§. 12.) zu thun iſt) zu weit abführen, wenn wir jede Erſcheinung bis ins Einzelne nach beyden Hypotheſen verfolgen wollten; noch viel mehr, wenn jede Einwendung ſollte berückſichtigt werden, welche ſich gegen die eine oder die andere Anſicht machen läßt. Indeſſen ſollen doch noch einige wenige Angaben kurz beygefügt werden.

Man ſpricht in der Emanationshypotheſe von einer fixen und einer beweglichen Polariſation. Ein Strahl kommt in den Zuſtand der erſtern, wenn die ihn bildenden Lichttheilchen alle (wie oben bereits iſt gemeldet worden) eine und dieſelbe Lage erhalten, während ſie im unpolariſirten Zuſtande die verſchiedenſten Lagen haben können. Man kann ſich indeſſen auch vorſtellen, daß dieſe Theilchen jenen Zuſtand nicht behalten, ſondern während ihres Durchganges durch einen Kryſtall um ihre Schwerpuncte (Mittelpuncte ihrer Maſſen) oſcilliren, oder ſich auch um dieſe Schwerpuncte drehen. Dieſe Polariſation nannte Biot die bewegliche, und verſuchte aus ihrer Annahme die verſchiedenen Farbenerſcheinungen zu erklären. Die Oſcillationen ſelbſt nahm er für die verſchiedenen Lichttheilchen von verſchiedener Größe und Geſchwindigkeit an, erklärte die violetten für die ſchnellſten, die rothen für die langſamſten. Seine Theorie ſteht in Verbindung mit der gleichfalls von ihm weiter ausgeführten Lehre von den Anwandlungen (§. 811. Zuſ.).

Auch die doppelte Strahlenbrechung iſt eine Folge der Polariſation des Lichtes durch den doppelt brechenden Kryſtall. Die in dem auffallenden Strahle enthaltenen Lichttheilchen werden bey ihrem Eintritte in den Kryſtall in zweyerley Lagen gebracht, ſo daß die Achſen derſelben rechtwinkelig gegen einander gerichtet ſind. In

Folge deſſen wird die perpendiculäre Geſchwindigkeit (§. 781. Zuſ.) bey dem einen nicht in dem Grade geändert wie bey dem andern; die Brechung iſt mithin nicht bey beyden gleich ſtark und ſo trennt ſich der ungewöhnlich gebrochene Strahl von dem gewöhnlich gebrochenen. — Wird (wie bey dem in §. 823. angegebenen Verſuche) über den einen Kryſtall ein zweyter geſetzt, und zwar ſo, daß die Achſen beyder Kryſtalle parallel ſind: ſo iſt kein Grund vorhanden, warum der Gang der Theilchen eine Änderung erleiden ſollte. Sind aber die Achſen der zwey Kryſtalle rechtwinkelig über einander: ſo haben die Achſen der aus dem erſten Kryſtalle kommenden Lichttheilchen des gewöhnlich gebrochenen Strahls diejenige Lage, welche ſie haben müſſen, um in dem zweyten Kryſtalle (bey der hier angenommenen Stellung des letzteren) den ungewöhnlich gebrochenen Strahl zu bilden, die Theilchen des ankommenden ungewöhnlich gebrochenen Strahls dagegen diejenige Lage, die denen eines im zweyten Kryſtalle gewöhnlich gebrochenen Strahles zukommen würde; daher denn der gewöhnlich gebrochene Strahl auf ungewöhnliche Art, der ungewöhnlich gebrochene auf gewöhnliche Art gebrochen wird. Sind endlich die Hauptſchnitte beyder Kryſtalle ſchief gegen einander geſtellt: ſo haben weder die Theilchen des einen noch die des andern Strahls diejenige Lage, die ſie in einem gewöhnlich oder ungewöhnlich gebrochenen Strahle im zweyten Kryſtalle haben ſollten; es muß daher jeder der beyden auffallenden Strahlen doppelt gebrochen, d. h. ſeine Theilchen müſſen in zwey Abtheilungen gebracht werden. Die Folge davon ſind die vier erſcheinenden Bilder (§. 823.).

Was in der Emanationshypotheſe von der Lage der Achſen der Lichttheilchen iſt gemeldet worden, läßt ſich in der Vibrationshypotheſe auf die Ebenen anwenden, in welchen die Querſchwingungen eines Strahles vorgehen. Wir übergehen hier die Anpaſſung dieſer Anwendung für die einzelnen Erſcheinungen, indem es nur einer Überſetzung in die Sprache der zweyten Hypotheſe bedarf, um auch hier die im §. 823. angeführten Erſcheinungen daraus zu erklären.

## K. Das Auge und das Sehen mittelſt desſelben.

§. 831. Auf die Eigenſchaften des Lichtes, von welchen wir bisher gehandelt haben, gründen ſich die verſchiedenen Erſcheinungen des Sehens. Der Erklärung desſelben muß

nothwendig eine Beſchreibung des Organs, mittelſt deſſen wir das Licht wahrnehmen, vorausgeſchickt werden.

Doch können wir nur jener Theile dieſes Organs hier erwähnen, welche zum deutlichen Sehen unumgänglich erfordert werden. Eine ausführliche Beſchreibung desſelben gehört in eine anatomiſche Schrift. Auch kann natürlicher Weiſe hier hauptſächlich nur vom menſchlichen Auge die Rede ſeyn.

§. 832. Das **Auge** oder der ſogenannte **Augapfel**, der ſich in einer aus mehreren Knochen gebildeten Höhle (Augenhöhle) befindet, hat nahe die Geſtalt einer Kugel, und folgende Beſtandtheile: 1) Fünf Häute, welche theils unter ſich verbunden ſind, theils Höhlungen bilden. — 2) Drey ſogenannte Feuchtigkeiten, nähmlich durchſichtige Materien, welche ſich in jenen Höhlungen befinden, und durch deren Hülfe die einfallenden Lichtſtrahlen verſchiedenartig gebrochen werden, um im Hintergrunde des Auges die Bilder ſichtbarer Gegenſtände hervorzubringen.

I. Die Nahmen der fünf Häute ſind: die **weiße** oder **harte** Haut (auch undurchſichtige Hornhaut genannt), die durchſichtige **Hornhaut**, die **Aderhaut** (auch Gefäßhaut oder braune Haut genannt), die **Regenbogenhaut**, die **Nervenhaut** (oder **Netzhaut**). Die Zeichnung 318. ſtellt den Durchſchnitt des Auges ohne die Feuchtigkeiten dar; die einzelnen Häute drücken die einzelnen Linien der Zeichnung aus. Die **weiße Haut** (tunica sclerotica) aaaa iſt die äußerſte, welche den ganzen Augapfel bekleidet, den vorderſten Theil ausgenommen. Dieſe Haut iſt ziemlich dick und ſtark elaſtiſch, undurchſichtig und von weißer Farbe. — Die **durchſichtige Hornhaut** (cornea transparens) bbbb iſt jene ſcheinbare Fortſetzung der weißen Haut, welche den vordern Theil des Auges bedeckt; ſie iſt durchſichtig und convexer als die weiße Haut; weßwegen der Augapfel nicht vollkommen rund, ſondern am Vordertheile etwas hervorragend iſt. — Die **Aderhaut** (t. choroidea) cccc liegt unter der harten Haut, und erſtreckt ſich bis zur Hornhaut. Das Gewebe dieſer Haut, meiſtens

aus feinen Gefäßen beſtehend, iſt mit einer ſchwarzen Feuchtigkeit durchdrungen. — Die Regenbogenhaut (Iris) d d iſt eine ſcheinbare Fortſetzung der Aderhaut, wirklich aber eine eigene undurchſichtige Haut, die ſich unter der Hornhaut in einer geringen Entfernung befindet, mit der harten Haut verbunden iſt, bey verſchiedenen Augen verſchieden gefärbt erſcheint, und in der Mitte eine runde Öffnung hat. Dieſe wird die Pupille, die Sehe, auch das Lichtloch genannt, und iſt vorzüglich deßwegen merkwürdig, daß die Ausdehnung derſelben bey vermehrtem Lichte größer, bey vermindertem aber kleiner wird. — Die Netzhaut e e e e nennet man die innerſte Haut des Auges, welche weich und dünn iſt, und den Hintergrund dieſes Organs bekleidet; ſie iſt eine Fortſetzung des Nervenmarkes und der inneren Hülle des Sehenerven, welcher faſt in der Mitte des Grundes durch die harte Haut und Hornhaut ſchief in das Auge eindringt.

II. Die Feuchtigkeiten des Auges ſind: die wäſſerige Feuchtigkeit (humor aqueus), die Kryſtall-Linſe (lens crystallina), und die Glasfeuchtigkeit (humor vitreus). — Die wäſſerige Feuchtigkeit $\alpha\,\alpha\,\alpha\,\alpha$ (Zeichn. 319.) befindet ſich zwiſchen der Hornhaut und Regenbogenhaut, ferner zwiſchen der Regenbogenhaut und der Kryſtall-Linſe. Dieſe Feuchtigkeit iſt an Flüſſigkeit, Dichte und Durchſichtigkeit dem Waſſer ähnlich, und bewirkt, daß die Hornhaut ihre Erhabenheit behält; ſie verdünſtet durch dieſe Haut, und erſetzt ſich wieder, wenn ſie durch eine Verletzung herausgefloſſen iſt. — Die Kryſtall-Linſe $\beta\beta$ iſt ein durchſichtiger, gallertartiger, mehr feſter als flüſſiger Körper, welcher die Form einer mikroſcopiſchen Linſe hat, in einer häutigen, äußerſt durchſichtigen Kapſel eingeſchloſſen iſt, den Raum hinter der Regenbogenhaut einnimmt, und mit der Aderhaut durch Hülfe gewiſſer Bänder $\lambda\lambda$, welche man die Strahlenbändchen nennt, zuſammenhängt. Die hintere Seite hat eine etwas ſtärkere Convexität. — Die Glasfeuchtigkeit $\gamma\gamma$ iſt eine gallertartige, äußerſt durchſichtige Maſſe, welche den Raum zwiſchen dem Hintergrunde des Auges und der Kryſtall-Linſe einnimmt, und in einem eigenen Häutchen eingeſchloſſen iſt. Die gerade Linie, welche ſenkrecht durch die Mitte der Hornhaut,

und eben ſo durch die Kryſtall-Linſe gezogen gedacht wird, heißt die Augenachſe.

Die hier angegebenen Häute und ſogenannten Feuchtigkeiten kann man bequem ſehen, wenn man ein friſches Auge (etwa ein Ochſenauge) gefrieren läßt, und dann durchſchneidet. — Auch kann man ihre Lage zum Theil an einem künſtlichen Auge von Elfenbein erläutern.

Die Augenhöhle wird aus ſieben eigenen Knochen gebildet. Sie iſt, wie alle Knochen, mit Beinhaut überzogen, und mit weichem Fette um den Augapfel herum ausgefüttert, welches die Bewegung des Auges erleichtert und ſchädliche Erſchütterungen desſelben verhindert. Dieſe Bewegung kann durch ſechs Muskeln nach allen beliebigen Richtungen bewirkt werden. Feuchtigkeiten, die aus mehreren Drüſen ſich abſondern, erhalten das Auge ſchlüpfrig, und erleichtern ebenfalls ſeine Bewegung. Zum Schutze vor zu großem Lichte und einfallenden fremden Körpern dienen die Augenlieder, welche etwas durchſcheinend ſind, dann die Augenwimpern. Auch die Augenbraunen ſind hierbey nicht ohne Nutzen. — Die Hornhaut und der vordere Theil der weißen Haut iſt von der Bindehaut des Auges überzogen, welche eine Fortſetzung der allgemeinen Bedeckung, hier aber bedeutend modificirt iſt. Sie iſt ſehr dünn, ſehr empfindlich, ſehr durchſichtig. — Man hat ehemahls darüber geſtritten, ob die Hornhaut eine Fortſetzung der weißen Haut ſey; ſie beſteht aus mehreren ſehr zarten Lamellen. Die Aderhaut iſt mit der weißen Haut durch Zellengewebe, durch Blutgefäße und Nervenzweige verbunden. Sie geht mit der weißen Haut nicht ganz bis zur Hornhaut, ſondern zieht ſich über den Glaskörper nach innen zu, legt ſich an den Rand der Kryſtall-Linſe, faltet ſich hier, und bildet den ſogenannten Ciliarkörper. Die Regenbogenhaut hat bey verſchiedenen Menſchen eine verſchiedene Farbe, grau, blau, braun, auch grünlich und gelblich; ihre hintere Fläche wird auch Traubenhaut genannt. Sie iſt dünn und weich, und beſteht aus Blutgefäßen und Nerven, die durch ein feines Zellgewebe verbunden ſind. Ihre Eigenſchaft ſich zu erweitern und zu verengern deutet auf Muskelfaſern, welche aber bis nun nicht ſind nachgewieſen worden ſind. Sie iſt ehemahls für eine Fortſetzung der Aderhaut gehalten worden, wird aber jetzt als eine eigene Haut angeſehen, die mit der erſtgenannten nur die Gefäße und Nerven gemein hat. — Daß die Nervenhaut durch die Ausbreitung des Sehenerven entſtehe, iſt ſchon geſagt worden. Dieſer beſteht aus dem Nervenmarke und zweyen Bekleidungen desſelben, davon die innere die weiche oder dünne Hirnhaut genannt wird, die äußere aber den

Nahmen der harten Hirnhaut erhalten hat. — Man hat ehemahls die weiße Haut als eine Fortſetzung der harten Hirnhaut des Nerven angeſehen, die Aderhaut als eine Fortſetzung der weichen Hirnhaut. Das innere Blatt der harten Hirnhaut umgibt den Nerven bis an die weiße Haut, das äußere Blatt bildet zum Theil die Beinhaut. Die dünne Hirnhaut aber tritt mit der markigen Subſtanz durch die Aderhaut; hier bildet ſie eine Art Warze mit einer Menge kleiner Öffnungen, durch welche die Markfäden des Sehenerven austreten. Zugleich ſetzt ſich die dünne Hirnhaut in Geſtalt eines zarten Gewebes fort. — Die Waſſerfeuchtigkeit beſteht aus reinem Waſſer und etwas ſalzſaurer Soda, Gallerte und Eyweißſtoff. Die Glasfeuchtigkeit iſt wenig von ihr unterſchieden, die Kryſtall-Linſe enthält mehr Eyweißſtoff und Gallerte, ſie iſt gegen die Mitte zu etwas dichter. Das Brechungsverhältniß zur Luft iſt bey der wäſſerigen Feuchtigkeit = 1,337, bey der Glasfeuchtigkeit = 1,339, bey der Kryſtall-Linſe = 1,384; beym Waſſer iſt ſie = 1,336. Durch den Bau des Auges, vorzüglich der Kryſtall-Linſe und dadurch, daß die Pupille nur die nahe an der Achſe auffallenden Strahlen durchläßt, iſt die ſphäriſche Abweichung (§. 776.) aufgehoben; die chromatiſche (§. 797.) aber durch die verſchiedene Brechungskraft der Feuchtigkeiten. Indeſſen hat Fraunhofer nachgewieſen, daß das Auge nicht vollkommen achromatiſch ſey (Ann. der Phyſ. LVI. 301.). Übrigens gibt es unter den Augen verſchiedener Menſchen Verſchiedenheiten, die dem Anatomen und Phyſiologen wichtig ſeyn müſſen, hier indeſſen, wo es uns nur darum zu thun iſt, das Sehen zu begreifen, übergangen werden können.

Die Augen der warmblütigen Thiere haben viele Ähnlichkeit mit dem des Menſchen; doch gibt es bey einigen merkwürdige Abweichungen. So iſt die Pupille bey einigen Thiergattungen (z. B. bey den Katzen, bey den Eulen u. d. m.) länglich. Durch viel darauf fallendes Licht wird ſie ſehr enge, daher denn dieſe Thiere an dunkeln Orten beſſer ſehen als an beleuchteten. — Das Auge der Vögel nimmt einen bedeutenden Raum in dem Kopfe ein; ihre Kryſtall-Linſe iſt mehr abgeplattet, dagegen die Hornhaut mehr convex als im Menſchenauge. Das Auge der Fiſche hat keine wäſſerige Feuchtigkeit, dafür aber eine zähe Flüſſigkeit; die Kryſtall-Linſe iſt der vordern Haut ſehr nahe und beynahe ſphäriſch. Einige Waſſervögel haben mit den Fiſchen einige Ähnlichkeit. Es gibt Thiere, welche mit mehr als zwey Augen verſehen ſind. In den Augen der Inſecten breiten ſich die Nervenfaſern unter der durchſichtigen Hornhaut aus. Manche haben mehrflächige Augen; jede Fläche iſt ein Auge,

und hat ſein eigenes Nervenfilament. Man nennet dieſe Augen die zuſammengeſetzten. Immer ſind die Augen ſolcher Thiere unbeweglich. — Endlich gibt es Thiere, an welchen man kein eigenes Lichtorgan wahrnimmt; als: die kopfloſen Mollusken, die Zoophyten und die Würmer.

§. 833. Das Sehen ſelbſt pflegt man auf folgende Weiſe zu erklären. 1) Von jedem Puncte eines leuchtenden oder beleuchteten Objectes (z. B. vom Puncte a der Zeichn. 320.) fallen divergirende Strahlen auf das Auge, welche einen Strahlenkegel b a c bilden, deſſen Spitze im ſichtbaren Puncte, die Grundfläche desſelben aber am Auge ſich befindet. Jeder Punct wird alſo mittelſt divergirender Strahlen geſehen, und zwar nur durch Hülfe derjenigen, welche ſo auffallen, daß ſie durch die Pupille gehen können. 2) Dieſe divergirenden Strahlen erleiden im Auge eine mehrfache Brechung; nähmlich in der Hornhaut, in der wäſſerigen Feuchtigkeit, in der Kryſtall-Linſe und in der Glasfeuchtigkeit. — Mittelſt aller dieſer Brechungen werden ſie convergirend, vereinigen ſich an irgend einem Orte α und bewirken dort das Bild des ſtrahlenden Punctes. 3) Dieſer Vereinigungsort befindet ſich entweder an der Netzhaut ſelbſt, oder hinter ihr, oder vor ihr. In jedem Falle kommen die Strahlen auf die Netzhaut, und bewirken dort einen Eindruck, der durch den Nerven fortgepflanzt wird. Der Punct aber, aus welchem die Strahlen kommen, wird nur dann ganz deutlich geſehen, wenn der Vereinigungspunct α in der Netzhaut iſt. Denn vereinigen ſich dieſelben früher: ſo zerſtreuen ſie ſich nachher, fallen divergirend auf die Netzhaut, und ſind alſo dort wieder in einem größeren Raume ausgebreitet. So auch, wenn der Vereinigungspunct hinter der Netzhaut ſich befindet, nehmen die auf die Netzhaut auffallenden Strahlen einen bedeutenden Raum ein. In beyden Fällen nehmen wir alſo den leuchtenden Punct nicht wirklich als Punct wahr, ſondern als eine kleine Fläche und mithin mehr oder weniger undeutlich.

§. 834. Auf die nähmliche Weiſe, wie das Sehen eines ſtrahlenden Punctes erklärt wird, können wir uns auch das

Sehen eines ausgedehnten Objectes, z. B. des Objectes a b (Zeichn. 321.) erklären. Nähmlich aus jedem Puncte dieſes Objectes fallen divergirende Strahlen (oder Strahlenkegel) auf das Auge, werden durch deſſen Feuchtigkeiten gebrochen, und vereinigen ſich in gewiſſen Puncten der Netzhaut. So z. B. vereinigen ſich die Strahlen aus dem Puncte a in $\alpha$, die aus dem Puncte b in $\beta$, die aus den zwiſchen a und b befindlichen Puncten zwiſchen $\alpha$ und $\beta$; auf dieſe Weiſe bildet ſich alſo das Bild des ganzen Objectes an der Netzhaut ab. Es iſt umgekehrt, indem die Hauptſtrahlen a $\alpha$ und b $\beta$ ſich kreuzen. — Daß ſich dieſes wirklich ſo verhalte, kann man auch durch Verſuche zeigen. Wenn man im letztern Falle von einem friſch genommenen Auge die dickern Häute ſorgſam wegnimmt, und das Auge gegen einen gut beleuchteten Gegenſtand richtet: ſo kann man das Bild dieſes Gegenſtandes ganz deutlich an der übrig gebliebenen Haut ſehen. Am beſten gelingt der Verſuch, wenn man als Object eine Lichtflamme nimmt.

Allein dieſes Bild bringt nicht als Bild das Sehen hervor, ſondern nur, in wie fern es auf der Netzhaut jenen Eindruck bewirkt, welcher ſich mittelſt des Sehnervens zum allgemeinen Senſorium fortpflanzt. Dieſem Eindrucke aber entſpricht jenes Bild. — Es wäre lächerlich zu glauben, daß die Seele die Wahrnehmerinn jenes an der Netzhaut dargeſtellten Bildes ſey. Zu einem ſolchen Sehen würde ſie ſogar eines zweyten Auges nöthig haben, in welchem wieder das Bild des Gegenſtandes und des erſten Auges erſchiene, und mittelſt eines dritten Auges geſehen werden müßte, welches ins Unendliche fortgehen würde. —

Die Alten hatten übrigens verſchiedene Meinungen über das Sehen. Einige meinten, die Strahlen nähmen aus den Augen ihre Richtung gegen die Objecte, und würden von denſelben wieder zurückgeworfen. Porta entdeckte die Ähnlichkeit des Auges mit einer dunkeln Kammer, meinte jedoch, die Bilder würden an der Kryſtall-Linſe dargeſtellt. Bald darauf war Keppler der erſte, welcher die wirkliche Art und Weiſe des Sehens entdeckte.

§. 835. Man hat gefragt, wie es denn komme, daß wir die Gegenſtände in ihrer wahren Stellung ſehen, da doch die Bilder derſelben in dem Auge umgeſtürzt ſind? Die Antwort

darauf iſt: daß das Eine die nothwendige Folge des Andern ſey. Wir beziehen nähmlich jeden Eindruck zurück nach der geraden Linie, nach der er geſchieht, und können auch nicht anders. Geſchieht (Zeichn. 321.) der Eindruck in der Richtung a α, ſo müſſen wir nach der Linie α a das ſuchen, was dieſen Eindruck bewirkt; eben ſo beziehen wir den in der Richtung b β erhaltenen Eindruck nach der Linie β b, und ſo jeden andern. Überhaupt hat (wie ſchon iſt bemerkt worden) das Bild im Auge als Bild mit dem Sehen der Gegenſtände gar nichts zu thun; wir ſind ja dieſes Bildes uns gar nicht bewußt; wir empfinden nur die Einwirkung des Lichtes, welches von oben kommend nothwendiger Weiſe eine tiefere, von unten kommend eine höhere Stelle am Hintergrunde des Auges trifft. Wer durch ein kleines Loch in einem Fenſterladen einen äußern Gegenſtand, der ſich zur rechten Hand befindet, ſehen will, wird es ſehr natürlich finden, daß er im Zimmer ſelbſt ſich auf die linke Seite des Loches ſtelle.

Man könnte dieſe Erſcheinung nur dann unbegreiflich finden, wenn man ſich die Seele im Auge, wie in einem dunkeln Zimmer (§. 728.) die Bilder auf der Hinterwand betrachtend denken wollte. Wie ganz ohne Sinn aber eine ſolche Vorſtellung wäre, iſt bereits erinnert worden (§. 834. Zuſ.). — Übrigens wäre ſelbſt nach dieſer Vorſtellungsweiſe nichts Verkehrtes in der Wahrnehmung der Gegenſtände; denn nur die Bilder würden dann von der Seele wahrgenommen; wenn wir aber bloß die Bilder in Erwägung ziehen, ſo iſt an ihnen nicht einmahl etwas verkehrt, ſie alle nähmlich haben in Beziehung auf einander (eben darum, weil alle geſtürzt ſind) genau dieſelbe Lage, welche die vorgeſtellten Gegenſtände gegenſeitig haben.

§. 836. Man hat ferner gefragt, wie es komme, daß wir mit zwey Augen doch jeden Gegenſtand nur einfach ſehen? Der Grund iſt dieſer. Wir ſehen, wenn beyde Augen gleich thätig ſind, wirklich alles doppelt, allein jeder Punct wird an einer und derſelben Stelle geſehen, und ſo iſts denn, als ob wir ihn nur einmahl ſähen. Von jedem leuchtenden Puncte nähmlich, z. B. von dem Puncte r (Zeichn. 322.) fällt auf das Auge A und B ein Lichtkegel, und macht nach der Richtung des Hauptſtrahls

den Eindruck auf die Nervenhaut (§. 833.). Jedes Auge ſieht dieſen Punct beyläufig in dem Scheitel ſeines Lichtkegels, und, da die Scheitel beyder Kegel in demſelben Puncte ſind, an einem und demſelben Orte r. Was nun von einem Puncte gilt, gilt von allen Puncten, alſo von dem ganzen Gegenſtande. Soll indeſſen dieſes Beziehen beyder Eindrücke auf einen und denſelben Punct genau Statt finden: muß der geſehene Gegenſtand dem Auge nicht allzu nahe liegen; ſonſt durchkreuzen ſich die Geſichtslinien unter einem allzu merklichen Winkel, der Gegenſtand erſcheint dem rechten Auge allzu merklich links, dem linken Auge rechts, und wir ſehen ihn doppelt. — Auch iſt zu dem Einfachſehen nothwendig, daß der von einem und demſelben Puncte kommende Eindruck des Lichtes (und demnach das Bild des Punctes) in dem einen Auge auf dieſelbe Stelle der Nervenhaut falle wie in dem andern, oder (bey etwa nicht ganz gleich ſtehenden Augen) auf die Stellen, wo wir gewohnt ſind, das von einem und demſelben Puncte kommende Licht zugleich zu empfinden. Iſt das nicht der Fall: ſo ſehen wir ſogleich zwey Bilder. So z. B. ſieht man ſogleich ein Doppelbild, wenn man das eine Auge etwas drückt. Was übrigens hier der mechaniſche Druck bewirkt, kann auch durch andere Urſachen bewirkt werden. So ſieht ein Trunkener die Gegenſtände oft doppelt ꝛc.

Übrigens mag auch ſehr oft (nach A. Neumann's Bemerkung) das eine Auge vorherrſchend wirkſam ſeyn (Zeitſchr. für Phyſ. X.).

Man nennet jene Puncte in beyden Augen, auf welche die von demſelben ſtrahlenden Puncte kommenden Eindrücke geſchehen, die correſpondirenden (übereinſtimmenden). Sie haben bey richtiger Beſchaffenheit beyder Augen eine ſolche Lage, daß beyde Augenachſen nach dem geſehenen Puncte gerichtet werden. Bey Schielenden ſcheinen dieſe correſpondirenden Puncte eine verſchiedene Lage zu haben, daher die ungleiche Stellung der Augen nöthig wird, damit die Eindrücke dahin gelangen, wo ſie der Gewohnheit nach von einem und demſelben Puncte in jedes Auge gelangen müſſen.

Etwas dieſen correſpondirenden Puncten Ähnliches findet auch Statt bey dem Gefühl. Man befühle ein und dasſelbe Kügelchen (z. B. eine Erbſe) mit zwey, drey ꝛc. Fingern zugleich, man nimmt nur ein Kügelchen wahr. Man lege aber zwey nachbarliche Finger derſelben Hand kreuzweiſe über einander, und bringe ſie über

daſſelbe auf einen Tiſch gelegte Kügelchen ſo, daß es von den Spitzen beyder Finger zugleich berührt werde; man wird nun ganz deutlich den Eindruck von zwey Kügelchen zu haben glauben, beſonders, wenn man durch eine leichte Bewegung die Eindrücke wiederhohlt. Das Kügelchen liegt hier an zwey anderen Puncten an, als wenn die Finger ſich nicht kreuzten, ſondern parallel neben einander daſſelbe berührten, welchen letzteren Fall wir gewohnt ſind.

§. 837. Deutliche Sehweite. Nur jener Punct wird (nach §. 833.) deutlich geſehen, aus welchem die divergirend aufs Auge fallenden Strahlen genau in einem Puncte der Nervenhaut vereinigt werden. Nun aber ſind die von einem nahen Puncte auf die Pupille fallenden Strahlen ſtärker divergirend, als die von einem entferntern Puncte kommenden. Geſetzt, daß die letzteren ſich auf der Nervenhaut vereinigen, ſo muß der Vereinigungspunct der erſtern vor der Nervenhaut ſeyn. Daher gibt es für jedes Auge nur eine gewiſſe Entfernung, in welcher es die Gegenſtände ganz deutlich ſieht. Dieſe deutliche Sehweite beträgt für die Mehrzahl von Augen zwiſchen acht und zwölf Zoll. Kleine Unterſchiede derſelben machen indeſſen bey einem guten Auge nicht viel Unterſchied in der Deutlichkeit des Sehens; allein auch größere Unterſchiede der Entfernungen verändern die Deutlichkeit bey weitem weniger, als man es erwarten ſollte. Woher mag dieß kommen? Es muß bey dem Sehen naher und entfernter Objecte in dem Auge irgend eine Veränderung vor ſich gehen, welche die Brechung der Strahlen bald etwas vergrößert, bald etwas vermindert. Man hat dieſer Veränderung den Nahmen Anpaſſung des Auges zum deutlichen Sehen gegeben. Wirklich ſehen wir zwey bedeutend verſchieden entfernte Gegenſtände nur nach einander beynahe gleich deutlich, nicht aber zu gleicher Zeit. Während man auch nur eines der Augen auf einen nahen kleinen Gegenſtand richtet, und ſich bemüht, ihn deutlich zu ſehen, ſieht man einen entfernteren um ſo viel weniger deutlich. Auch fühlen wir eine gewiſſe Anſtrengung bey der Bemühung, ſchnell nach einander verſchieden entfernte Gegenſtände mit gleicher Deutlichkeit wahrzunehmen.

Worin beſteht aber dieſe Veränderung, die wir in dem angegebenen

Fälle willkürlich bewirken? Wird etwa, um den bedeutend nähern Gegenſtand eben ſo deutlich als den entfernten zu ſehen, das ganze Auge etwas in die Länge gezogen und die Convexität der Hornhaut vermehrt? oder wird die Kryſtall-Linſe convexer? oder wird ſie von der Netzhaut mehr entfernt? oder geſchieht mehr als eine der angegebenen Veränderungen zugleich? — Darüber gab es ſchon verſchiedene Meinungen. Daß für das Deutlichſehen der entfernten Gegenſtände die entgegengeſetzten Veränderungen Statt finden müſſen, verſteht ſich von ſelbſt. — Unter den Thieren haben beſonders die Raubvögel die Fähigkeit, ihr Auge den verſchiedenen Entfernungen der Gegenſtände anzupaſſen, in einem hohen Grade. Solch ein Vogel ſieht ſeinen Raub von einer ungeheuern Höhe; er nähert ſich ihm zuerſt allmählich, indem er weite Kreiſe beſchreibt, und ſchießt endlich in gerader Linie mit Pfeilgeſchwindigkeit darauf nieder.

§. 838. Manches Auge erfordert eine beträchtlich kleinere, ein anderes eine merklich größere Entfernung der Objecte zum Deutlichſehen. Jenes nennt man kurzſichtig, dieſes weitſichtig. In dieſem werden die Strahlen eines jeden auffallenden Lichtkegels zu wenig gebrochen, das Bild eines nahen Gegenſtandes fällt demnach hinter die Netzhaut; bey jenem werden die Strahlen zu ſtark gebrochen, das Bild eines fernen Gegenſtandes fällt demnach auf eine Stelle zwiſchen der Netzhaut und der Kryſtall-Linſe. Dem kurzſichtigen Auge kann man durch eine Hohllinſe zu Hülfe kommen, dem weitſichtigen dagegen durch eine Convexlinſe.

Eine Concavlinſe nähmlich, welche die Divergenz begünſtigt, macht, daß die für das kurzſichtige Auge zu wenig divergirend auffallenden Strahlen mehr divergiren (§. 778.); die Convexlinſe dagegen vermindert die Divergenz der für das weitſichtige Auge zu viel divergirenden Strahlen (§. 722.).

Außer der Kurzſichtigkeit und Weitſichtigkeit gibt es noch mancherley Fehler und Schwächen des Geſichtes, als: das Tagſehen (die Unfähigkeit nähmlich, bey ſchwachem Lichte etwas zu unterſcheiden), welches eine Folge von der Unempfindlichkeit der Netzhaut zu ſeyn ſcheint; das Nachtſehen (der entgegengeſetzte Fehler); die Unfähigkeit die Farben zu unterſcheiden, u. d. m.

Manchmahl geſchieht es, daß die Kryſtall-Linſe ihre Durſichtigkeit verliert. Man nennt das den grauen Staar (cataracta).

Ihm kann abgeholfen werden durch das ſogenannte Staarſtechen, d. h. durch das Hinwegrücken oder Herausnehmen der Kryſtall-Linſe. Von dieſer Krankheit iſt zu unterſcheiden der ſchwarze Staar (amaurosis), welcher in einer Unempfindlichkeit der Netzhaut beſteht. Dieſe kann natürlicher Weiſe durch keine Operation gehoben werden. Eine Verdunkelung der Glasfeuchtigkeit heißt der grüne Staar (glaucoma).

Um die deutliche Sehweite für jedes Auge durch eine Probe zu beſtimmen, hat Stampfer einen bequemen Apparat (Optometer) angegeben (Jahrb. des polyt. Inſt., Bd. XVII.).

§. 839. **Dauer des Lichteindruckes und daraus hervorgehende Erſcheinungen.** — Der Eindruck des Lichtes bringt im Auge eine Wirkung hervor, die immer einige Dauer hat, und zwar eine deſto größere, je ſtärker der Eindruck war. Schließen wir das Auge, nachdem wir in die Sonne geſehen haben: ſo ſehen wir noch immer das Bild derſelben. So erſcheint eine im Kreiſe ſchnell geſchwungene glühende Kohle als ein feuriger Kreis. Wird auf die eine Seite einer kleinen Scheibe irgend ein Gegenſtand gemahlt (z. B. eine Harfe), auf die andere Seite ein anderer (z. B. eine Perſon), und wird die Scheibe ſchnell um eine in ihrer Ebene liegende Achſe gedreht (etwa um einen durchgezogenen Faden): ſo erſcheinen beyde Gegenſtände zugleich (man ſieht die Perſon die Harfe haltend). Man hat dieſer artigen Spielerey den Nahmen Thaumatrop gegeben. — Jedes geſehene Bild verſchwindet nur allmählich. Gewöhnlich merken wir nicht auf dieſes allmähliche Verſchwinden, ſondern nur in dem Falle einer ſtärkern Reizung des Auges, wie z. B. nach jener Betrachtung der Sonne. — Die Dauer dieſes Eindruckes iſt übrigens nothwendig verſchieden nach der verſchiedenen Stärke desſelben; auch hängt ſie ab von der Beſchaffenheit des Auges. Man kann ſie für nicht zu ſtarke Eindrücke im Mittel auf $^1/_5$ Secunde annehmen. — Es zeigt ſich ferner bey dieſen Erſcheinungen von Dauer immer ein Gegenſatz ſowohl des Dunkeln und Lichten überhaupt, als auch der verſchiedenen Farben. Manche Farbe ruft die andere (ihre complementäre) gleichſam hervor. Hat man z. B. durch ein grünes Glas eine Zeit

lang ins Freye hingeſehen: ſo erſcheinet dem Auge nachher jeder weiße Grund röthlich. Man hat die meiſten dieſer Erſcheinungen daraus zu erklären geſucht, daß die Nervenhaut, wenn ſie für eine gewiſſe Art des Reizes ausgeruht hat, für ihn, als den Gegenſatz des empfundenen, deſto empfänglicher geworden iſt. Indeſſen wäre es eine einſeitige Betrachtungsweiſe, wenn man das Geſichtsorgan ſich bloß als etwas Paſſives denken wollte. Den hierher gehörigen Farbenerſcheinungen hat man den Nahmen der zufälligen Farben gegeben; man kann ſie wohl richtiger mit Hrn. v. Göthe die phyſiologiſchen Farben nennen.

Auf die Eindrücke von einiger Dauer gründen ſich die überraſchenden Erſcheinungen der ſtroboſcopiſchen Scheiben (oder optiſchen Zauberſcheiben) von Stampfer. Man denke ſich einen Gegenſtand in einer gewiſſen Lage, z. B. eine verticale Linie. Würde dieſe ſehr ſchnell weggenommen und durch eine zweyte, etwas geneigte erſetzt, dieſe durch eine noch mehr geneigte, dann durch eine horizontale ꝛc.: ſo müßte es dem Auge ſcheinen, als wenn dieſelbe Linie ſich um einen Punct drehete. Was von dieſer Linie gilt, gilt von andern Gegenſtänden. Hat man nun eine Scheibe, die an ihrer Peripherie Öffnungen hat, welche gleich weit von einander abſtehen, und ſieht man durch eine Öffnung gegen einen Spiegel hin, worin das Bild der Scheibe erſcheint: ſo wird man, wenn die Scheibe ſchnell gedreht wird, die Löcher unbewegt ſehen, weil immer das Bild des einen durch das andere erſetzt wird. Man denke ſich nun unter jedem Loche etwa einen Kreis mit verticalem Durchmeſſer: ſo werden auch dieſe Kreiſe unbeweglich erſcheinen. Man zeichne aber unter das eine Loch den Kreisdurchmeſſer vertical, unter das zweyte etwas geneigt, unter das dritte noch mehr geneigt, ſo werden ſie die verſchiedenſten Lagen haben. Da man aber immer denſelben Kreis an jedem Loche zu ſehen glaubt: ſo werden ſie ſich um ihre Mittelpunct zu drehen ſcheinen. Iſt überdieß der erſte Kreis genau unter ſeinem Loche gezeichnet, der zweyte etwas ſeitwärts, das dritte noch mehr ꝛc.: ſo werden ſie auch zugleich ſich weiter zu bewegen ſcheinen. Alle übrigen möglichen Anwendungen erklären ſich von ſelbſt; wenn man ſo beliebige Gegenſtände unter die verſchiedenen Löcher in verſchiedenen Lagen und Abſtänden zeichnet. Sie können in den verſchiedenſten Bewegungen erſcheinen.

Noch einige hierher gehörige Erſcheinungen. Hat man ein ſchwarzes Bild vor eine graue Fläche gehalten, und unverwandt angeſehen, und nimmt man nun das Bild weg: ſo erſcheint

der Raum, den es eingenommen hatte, um vieles heller. Wurde auf dieſe Art ein weißes Bild hingehalten: ſo erſcheint jener Raum nachher dunkler als die übrige Fläche. — Hat man einen lebhaft gefärbten Fleck auf weißem Grunde etwas lange unverwandt angeſehen, und wendet nachher das Auge auf ein weißes leeres Papier: ſo erblickt man einen ähnlichen, aber anders gefärbten Fleck. Dieſer iſt z. B. roth, wenn die Farbe, welche das Auge früher empfing, grün war. Richtet man das Auge nicht auf einen weißen, ſondern auf einen gefärbten Grund: ſo verändern ſich auch die Farben, welche man wahrnimmt, auf mancherley Art. —— Hat man in einem verfinſterten Zimmer das durch eine Öffnung hineinſtrahlende Sonnenlicht mit einer weißen Tafel aufgefangen, und betrachtet ſtarr das erleuchtete Rund; verſchließt man nachher die Öffnung, und ſieht in das Dunkel hin: ſo erblickt man vor ſich die leuchtende Kreisfläche. Sie wird in der Mitte beynahe farblos (etwas gelblich) ſeyn, der Rand aber zeigt ſich purpurfarbig. Die Purpurfarbe zieht ſich allmählich ins Innere. Iſt dann das ganze Rund purpurfarbig, ſo erſcheint der Rand blau. Auch das Blau zieht ſich in die Mitte; nun wird der Rand dunkel und unfärbig. Endlich zieht auch dieſes Dunkel ſich nach der Mitte. — Sieht man dagegen, nachdem man jenes Sonnenbild auf der weißen Tafel in das Auge hat wirken laſſen, in einem mäßig erleuchteten Zimmer auf eine hellgraue Fläche: ſo ſchwebt ein dunkles Rund vor dem Auge, das am Rande grün wird. Dieſes Grün zieht ſich gegen die Mitte; dem Grünen folgt das Gelb, das Bild wird ſo ſchmutzig gelb und endlich unfärbig. —— Hierher gehört auch die ſchon früher (§ 732. Zuſ.) angeführte Erſcheinung der farbigen Schatten. Immer muß hierbey die Fläche, auf welcher die Schatten erſcheinen ſollen, durch das darauf fallende Licht etwas farbig erſcheinen. — Unter der Taucherglocke iſt die durch das Sonnenlicht bewirkte Beleuchtung purpurfarbig, die von den Körpern geworfenen Schatten dagegen ſind grün.

Ein bedeutend langes Verweilen der Bilder auf der Nervenhaut deutet auf große Schwäche des Organs; es iſt nähmlich unfähig, ſich leicht wieder herzuſtellen. Man hat bemerkt, daß dergleichen Bilder bey Augenkrankheiten vierzehn bis fünfzehn Minuten ſich erhielten. — Das Vorſchweben leidenſchaftlich geliebter oder verhaßter Gegenſtände deutet Hr. v. Göthe auf das Ineinandergreifen des Sinnlichen und Geiſtigen. — Farbenerſcheinungen, die von einem (mehr oder weniger dauernden) abnormen Zuſtande des Geſichtsorgans herrühren, kann man pathologiſche Farben

nennen. — Über die phyſiologiſchen Farben hat v. Göthe in dem oben angeführten Werke ſchöne Erfahrungen geſammelt. Auch ſchon Büffon und Darvin haben hierüber viele Verſuche angeſtellt.

§. 840. Das Bild des Gegenſtandes im Auge kann uns nun deutlicher erklären alles das, was wir von der ſcheinbaren Größe, Geſtalt, Ruhe und Bewegung des Körpers (vom §. 733. bis §. 740.) geſagt haben.

Je größer der Sehewinkel a c b (Zeichn. 323.), deſto größer iſt auch der Winkel $\alpha$ c $\beta$, und deſto größer das Bild $\alpha\beta$; der Eindruck in $\alpha$ wird in der Linie $\alpha$ a bezogen, den Eindruck in $\beta$ beziehen wir in der Linie $\beta$ b. — Von den Sehewinkeln, unter welchen alle Durchmeſſer einer erſcheinenden Fläche geſehen werden, hängt (nach §. 737.) die ſcheinbare Geſtalt dieſer Fläche ab; ihr entſpricht das ganze auf der Netzhaut ſich darſtellende Bild. — Bewegt ſich das Bild auf der Netzhaut (bewegen ſich nähmlich die Eindrücke auf derſelben): ſo übertragen wir dieſe Bewegung auf den Gegenſtand, auf den wir dieſe Eindrücke nach geraden Linien beziehen. — Bewegt ſich nähmlich der Punct aus a nach b: ſo bewegt ſich das Bild in der entgegengeſetzten Richtung von $\alpha$ nach $\beta$.

Geſetzt nun, der Gegenſtand bleibe ruhig in b, das Auge aber bewege (Zeichn. 324.) ſich von m nach o: ſo wird der Gegenſtand in entgegengeſetzter Richtung ſich zu bewegen ſcheinen; denn iſt das Auge in m, ſo iſt das Bild des Objectes in $\alpha$; iſt das Auge in n, ſo iſt das Bild in $\beta$; iſt das Auge in o, ſo iſt das Bild in $\gamma$. Das Bild durchlauft alſo auf der Netzhaut den Weg $\alpha\ \beta\ \gamma$. Dieſen Weg hätte es auch durchlaufen, wenn das Auge in n ruhig geblieben wäre, der Gegenſtand dagegen den Weg a b c durchlaufen hätte. — Daher denn die verſchiedenen Täuſchungen, wenn der Zuſeher ſeiner eigenen Bewegung nicht bewußt iſt, ſie demnach auf den äußern Gegenſtand überträgt. — Man könnte einwenden, daß wir ja nicht mit ſtarrem und unbeweglichem Auge auf die Gegenſtände hinſehen, wenigſtens nicht durch längere Zeit. Dieſe Einwendung wird ſich jedermann ſelbſt leicht auflöſen, wenn er bedenkt, daß wir die mit dem Auge oder dem ganzen Körper bey derley Beobachtungen Statt findenden Bewegungen bey unſerm Urtheile ſchon mit in Rechnung bringen.

## L. Das Sehen mittelſt optiſcher Werkzeuge.

§. 841. Dieſe Werkzeuge dienen theils zum deutlichen Sehen ſehr kleiner naher Körper mittelſt der Vergrößerung ihrer Bilder; theils ſtellen ſie entfernte Gegenſtände deutlicher und vergrößert dar; theils bewirken ſie irgend eine überraſchende, oder ergötzliche, oder ſonſt weiter benutzbare Erſcheinung. Die erſten nennt man Mikroſcope oder Vergrößerungsgläſer, die zweyten Teleſcope oder Fernröhre. Die zur dritten Claſſe gehörigen Apparate erhalten nach ihrem Zwecke oder nach ihrer Einrichtung verſchiedene Benennungen.

### Fernröhre.

§. 842. Die Fernröhre (Teleſcope) ſind entweder aus lauter Gläſern zuſammengeſetzt, oder beſtehen aus Spiegeln und Gläſern. Jene nennt man die dioptriſchen oder Refractoren, dieſe die catoptriſchen oder Reflectoren (auch Spiegelteleſkope). Für beyde gibt es mehrerley Einrichtungen.

§. 843. Zu den Refractoren werden gezählt: das aſtronomiſche Fernrohr, das Erdfernrohr und das Taſchenperſpectiv.

§. 844. Das aſtronomiſche Fernrohr. Dieſes beſteht aus zwey Convexlinſen, davon die dem zu betrachtenden Gegenſtande zugewendete das Objectivglas genannt wird, die an das Auge zu bringende aber das Ocularglas (Augenglas) heißt. Durch das Objectivglas (welches übrigens bey jedem vollkommenen Fernrohre achromatiſch ſeyn muß) wird von dem entfernten Gegenſtande, den man ſehen will, ein Luftbild hervorgebracht (§. 774.), und dieſes wird durch das Ocularglas betrachtet, wie ſolches in der Zeichnung 325. angedeutet wird. Man muß ſich nähmlich hier das Object in großer Entfernung denken, daher alle aus einem und demſelben Puncte kommenden Strahlen als parallele anzuſehen ſind. So kommen aus dem Puncte A die Strahlen A, A, A vereinigen ſich im Puncte a; eben ſo müſſen ſich alle aus dem Puncte B kommenden Strahlen B, B, B

in b, alle aus dem Puncte C kommenden Strahlen C, C, C in c vereinigen. Hier iſt mithin das Bildchen a c b. Dieſes wird von dem Auge o durch das Ocularglas betrachtet. Das Ocularglas wird nähmlich ſo geſtellt, daß das Bildchen ſich beynahe in der Gegend ſeines Brennpunctes befinde. So geſchieht es, daß die Hauptſtrahlen der einzelnen Strahlenkegel a $\alpha$, b $\beta$, c $\gamma$ convergent werden, weil ſie aus einem Puncte m kommen, der weiter von der Linſe entfernt iſt als ihr Brennpunct (§. 772.), die einzelnen Strahlen jedes Strahlenkegels aber kommen aus der Gegend des Brennpunctes, werden mithin beynahe parallel. Wäre das Bildchen genau um die Brennweite des Oculars von demſelben entfernt: ſo würden ſie vollkommen parallel. Man nimmt ſie auch zur Erleichterung der Rechnung als ſolche an, und ſetzet ſo ein unendlich weitſichtiges Auge voraus; in der Wirklichkeit aber muß das Ocularglas dem Bildchen etwas näher ſeyn, damit die Strahlen jedes Strahlenkegels noch etwas divergiren, wie dieſes auch in der Zeichnung angezeigt iſt; und zwar muß für ein kurzſichtiges Auge dieſe Divergenz größer ſeyn, als für ein weitſichtiges, daher die Stellung des Ocularglaſes am Fernrohre veränderbar ſeyn muß, um es für jedes Auge anpaſſen zu können. Das Auge ſieht nun den Gegenſtand unter dem Winkel $\alpha$ o $\beta$, den es ohne Fernrohr unter dem Wnkel A C B geſehen hätte, mithin ſo oft vergrößert, ſo oftmahl der zweyte Winkel größer iſt als der erſte; es ſieht ferner den Gegenſtand umgekehrt. Kurz zuſammengefaßt ſind alſo die zwey Linſen mehr als um die Summe ihrer Brennweiten entfernt, und die Vergrößerung iſt ſo oftmahlig als die Brennweite des Oculars in der Brennweite des Objectives enthalten iſt.

Daß die Vergrößerung ſo oftmahlig ſey, als die Brennweite des Oculars in der des Objectives enthalten iſt, erhellet aus folgender leichten Betrachtung. Es ſey (Zeichn. 326.), wie in der früheren, A C B der entfernte Gegenſtand, davon wir nur die obere Hälfte A C betrachten wollen, weil von der unteren dasſelbe gilt. Die aus A in der Richtung a d kommenden parallelen Strahlen vereinigen ſich in $\alpha$, die aus C kommenden in $\gamma$, ſo daß $\alpha\gamma$ das umgekehrte Bild iſt. Da dieſes in der Brennweite von der Linſe P ſich befindet, ſo werden die einzelnen Strahlen des Strahlenkegels $\gamma$ e mit dem Hauptſtrahle

parallel, und eben ſo die Strahlen des Strahlenkegels $\alpha$ q. Aber welchen Weg nehmen die Strahlenkegel ſelbſt, oder die genannten Hauptſtrahlen? Daß $\gamma$ e in ſeine Richtung fortgeht, iſt an ſich klar; um aber den Weg von $\alpha$ q zu beſtimmen, denke man ſich aus $\alpha$ unzählige Strahlen auf die Ocularlinſe fallend. Unter dieſen wird der durch die Mitte e gehende $\alpha$ e ungebrochen fortgehen (§. 775.); einen mit ihm parallelen Weg nehmen aber auch alle übrigen. Denn mag auch kein Strahl wirklich durch e gehen, ſo wirket die Linſe deſſenungeachtet nicht anders auf die andern Strahlen; der Strahlenkegel a q hat mithin die Richtung q o. Das Auge in o ſieht alſo den Gegenſtand unter dem Winkel $e o q = \alpha e \gamma$, den es ohne Fernrohr unter dem Winkel $a d c = \alpha d \gamma$ ſehen würde. Wenn wir nun die ohne Fernrohr Statt findende ſcheinbare Größe mit 1, die Vergrößerung mit x bezeichnen: ſo iſt (nach §. 735.) $1 : x = tang.\, d : tang.\, e$. Es iſt aber das Bildchen $\alpha\gamma = tang.\, d$ für den Halbmeſſer d $\gamma$, und auch $= tang.\, e$ für den Halbmeſſer e $\gamma$; oder $\alpha\gamma = tang.\, d \,.\, d\gamma = tang.\, e \,.\, e\gamma$. Mithin $tang.\, d : tang.\, e = e\gamma : d\gamma$, mithin auch $1 : x = e\gamma : d\gamma$, und $x = \frac{d\gamma}{e\gamma} = \frac{F}{f}$, wenn F die Brennweite des Objectivs, und f die des Oculars bezeichnet.

Außer der Vergrößerung iſt bey einem Fernrohre auch wichtig das Geſichtsfeld (oder der zu überſehende Raum) und die Helligkeit (oder Lichtſtärke).

Das Geſichtsfeld hängt ab von der Größe der Öffnung des Oculars. Man denke ſich (Zeichn. 325.) die Ocularlinſe kleiner als N, ſo werden die Strahlenkegel, die aus $\alpha$ und $\beta$ kommen, ſie nicht mehr treffen, alſo von dem Gegenſtande AB die äußeren Puncte nicht mehr geſehen werden. Um daher ein recht großes Geſichtsfeld zu bekommen, müßte man eines großen Oculars ſich bedienen. Dann hätte man aber ein Ocular von großer Brennweite, und mithin eine ſchwache Vergrößerung. Woraus ſich ergibt, daß ſich die Vergrößerung und das Geſichtsfeld immer das eine nur auf Koſten des andern vermehren laſſe. — Man kann übrigens das Geſichtsfeld vergrößern durch Anbringung einer Collectivlinſe vor dem Ocular. Den Gang der Strahlen zeigt die Zeichn. 327.

Die Helligkeit endlich hängt ab von der Öffnung des Objectivs; denn je größer dieſe iſt, deſto mehr Strahlen können von jedem Puncte des geſehenen Gegenſtandes aufgefangen werden, und zwar iſt dieſe Helligkeit bey doppeltem, dreyfachen ꝛc. Durchmeſſer der Öffnung viermahl, neunmahl ꝛc. größer; doch verſteht ſich immer

bey derſelben Vergrößerung. Iſt dagegen die Vergrößerung ſtärker, ſo iſt die Helligkeit in demſelben Verhältniſſe ſchwächer, vorausgeſetzt, daß die Öffnung dieſelbe bleibt. Denn je mehr vergrößert das Bild des Gegenſtandes iſt, auf eine deſto größere Fläche wird dieſelbe Menge des Lichtes verbreitet, deſto ſchwächer iſt demnach deſſen Wirkung für jeden einzelnen Punct.

Mit der Helligkeit iſt übrigens nicht zu verwechſeln die Deutlichkeit. Dieſe hängt davon ab, ob die von jedem Puncte des Gegenſtandes ausgehenden Strahlen ſich mehr oder weniger genau in einem Puncte vereinigen, welche Vereinigung durch die ſphäriſche (§. 776.) und chromatiſche Abweichung (§. 797.) geſtört werden kann.

Noch ſoll kürzlich eines Mittels erwähnt werden, durch welches ſich die Vergrößerung praktiſch ſchätzen läßt. Eine ſolche Schätzung ohne übrige Vorrichtung kann unternommen werden, wenn man mit dem einen Auge durchs Fernrohr, mit dem andern unbewaffneten Auge nach demſelben Gegenſtande ſieht und beobachtet, der wie vielte Theil des im Fernrohre erſcheinenden einen gleichen Raum mit dem durchs freye Auge geſehenen Ganzen einnimmt. Durch einige Übung in dem Verfahren laſſen ſich ziemlich genügende Reſultate erhalten.

Man hat auch Vorrichtungen, mittelſt deren man den ſcheinbaren Durchmeſſer (§. 734.) eines durch ein Fernrohr geſehenen Gegenſtandes zu beſtimmen ſucht. Man nennet ſie Micrometer. Eines der einfachſten und gebräuchlichſten iſt das Fadenmicrometer. Bekanntlich bringt man in den zum Feldmeſſen beſtimmten Fernröhren ein Fadenkreuz an, um die Mitte des Fernrohrs zu bezeichnen. Es befindet ſich an derſelben Stelle, wo das Bildchen hinfällt, und wird folglich ſammt demſelben geſehen. Um die Größe des Bildes zu meſſen wird parallel mit einem der Kreuzfäden noch ein Faden angebracht, der mittelſt einer Schraube ſich dem unbeweglichen nähern und von ihm entfernen läßt. Man ſtellt das Fernrohr ſo, daß der geſehene Gegenſtand den unbeweglichen Faden zu berühren ſcheint, entfernet nun den beweglichen Faden durch Drehung der Schraube ſo lange, bis der geſehene Gegenſtand genau zwiſchen beyden Fäden erſcheint, und zählt die Schraubengänge. So läßt ſich die erſcheinende Größe irgend eines Gegenſtandes mit der erſcheinenden Größe irgend eines andern vergleichen. — Auch läßt ſich finden, wie groß der Sehewinkel ſey, unter dem der Gegenſtand erſcheint. Dazu aber iſt es nöthig ſchon voraus zu wiſſen, wie viele Schraubengänge nöthig ſeyen, damit der zwiſchen beyden Fäden geſehene Raum unter einem Winkel von einem Grade erſcheine. Dieſes läßt ſich finden, wenn man früher weiß, wie viel irgend eine erſcheinende

Entfernung nach Graden betrage, z. B. die anderswoher bekannte erſcheinende Entfernung zweyer beſtimmter Fixſterne. Geſetzt dieſe ſey = m Graden. Man kann nun die Zahl der Schraubengänge zählen, welche nöthig ſind, damit der eine Faden durch den einen Stern gehe, der andere durch den andern. Dieſe Zahl wird durch m dividirt.

Noch ſoll das bereits (§. 785. Zuſ.) erwähnte Micrometer mit Doppelbildern hier kurz angegeben werden. Es beſteht aus zwey gleichen Prismen von Bergkryſtall oder Doppelſpath, welche ſo an einander gefügt ſind, daß die brechenden Winkel entgegengeſetzte Lagen haben. Das eine Prisma a a′ b (Z. 328.) iſt ſo geſchnitten, daß die Fläche a b auf die Brechungsachſe (§. 782.) ſenkrecht iſt; das andere Prisma a′ b b′ ſo, daß die Brechungsachſe auf die Fläche b b′ ſenkrecht ſteht. Dieſes Doppelprisma lenket durch die gewöhnliche Brechung die ſenkrecht auf a b fallenden Strahlen nicht von ihrem Wege ab; auch erleidet ein ſolcher Strahl s t t′ in dem erſten Prisma keine ungewöhnliche Brechung (alſo keine Spaltung), wohl aber wird er im zweyten Prisma auch auf ungewöhnliche Weiſe gebrochen, alſo in zwey Strahlen t′ g und t′ u geſpalten. Wird nun ein ſolches Prisma zwiſchen das Objectiv des Fernrohres und das im Brennpuncte desſelben erſcheinende Bildchen geſetzt: ſo wird jeder Strahlenkegel in zwey Theile getheilt, es müſſen daher zwey Bilder im Brennpuncte erſcheinen. Ob ſie ſich zum Theil decken oder nicht, hängt ab theils von ihrer Größe, theils von dem Abſtande des Prisma. Geſetzt es ſey (Zeichn. 329.) A das Objectiv, P das Prisma, dann ſeyen B und b die getrennten Bilder. Setzt man das Prisma aus P nach p, ſo werden ſich die Bilder berühren. Natürlicher Weiſe wird dieſes um ſo eher der Fall ſeyn, je größer dieſe Bilder ſind, je größer mithin die erſcheinende Größe des Gegenſtandes iſt. Es befindet ſich mithin ein ſolches Prisma in dem Fernrohre vor dem Ocularglaſe, und läßt ſich dieſem mehr oder weniger nahe bringen. Man bewegt es ſo lange, bis beyde Bilder einander berühren. An der Röhre des Teleſcops iſt eine Scale angebracht, welche die Grade des Sehewinkels angibt, unter welchem der geſehene Körper erſcheint. — Wäre nun anderswoher ſeine wahre Größe bekannt: ſo ließe ſich auch die Entfernung desſelben beſtimmen (§. 735. Zuſ.).

§. 845. **Das Erdfernrohr.** Der Umſtand, daß bey der Betrachtung der Himmelskörper das Object umgekehrt erſcheint, iſt von keiner Bedeutung; für die Betrachtung der irdiſchen Gegenſtände aber iſt das begreiflicher Weiſe ganz anders. Man hat demnach Einrichtungen ausgedacht, durch welche das

umgekehrte Bild nochmahls umgekehrt wird, und ſo die Lage des Objectes erhält. Dieſes erreicht man am einfachſten durch zwey Gläſer, die vor das eigentliche Ocularglas geſetzt werden. Es hat mithin ein Erdfernrohr von der einfachſten Art drey Ocularglaſer. Es beſteht gewiſſer Maßen aus zwey aſtronomiſchen Fernröhren. Den Gang der Strahlen zeigt die Zeichn. 330. Alle drey Augengläſer a, a′ und a″ haben hier dieſelbe Brennweite. Ein ſolches Fernrohr vergrößert nur ſo viel als ein Sternrohr von der Länge oa. — Bey jedem Durchgange des Lichtes durch ein Glas wird das Licht geſchwächt; eben darum zeigt das Erdfernrohr die Gegenſtände nicht ſo hell als ein Sternrohr, welches eben ſo ſtark vergrößert.

Übrigens bedienet man ſich nun beynahe allgemein der Fernröhre mit einem Einſatze von vier, auch wohl mehr Ocularglaſern. Den Gang der Strahlen bey einem dergleichen von vier Ocularen ſieht man in der Zeichn. 331. — Es laſſen ſich übrigens auch mit einem und demſelben Fernrohre verſchiedene Vergrößerungen erhalten, wenn man die zwey dem Auge nächſten Oculare von den zwey übrigen etwas entfernt, dieſe dagegen dem Objective etwas nähert.

§. 846. Es iſt bereits oben (§. 844.) geſagt worden, daß bey einem guten Fernrohre immer ein achromatiſches Objectiv vorausgeſetzt werde, um die aus der Farbenzerſtreuung hervorgehende Undeutlichkeit (§. 797.) zu heben. Aber auch das Ocular iſt nicht ohne Einfluß. Bey dieſem bringt man den Fehler auf ein Kleinſtes, wenn man hinter der Ocularlinſe und dem Auge noch eine Linſe einſetzt. Jene heißt dann eine Collectivlinſe.

Den Gang der Strahlen zeigt die Zeichn. 332. Durch die Linſe L wird der Strahl Tm in farbige Strahlen zerſetzt; es ſey mr der rothe, mv der violette. Da nun durch die Linſe l gleichfalls der violette die ſtärkſte Ablenkung erleidet: ſo können ſie wieder parallel werden. — Man gewinnt auch am Geſichtsfelde, wie aus der Betrachtung der Zeichnung von ſelbſt erhellet. — Auch die ſphäriſche Abweichung wird kleiner, wenn die Strahlen durch zwey Linſen gehen, als wenn ſie durch eine gingen, welche ſie eben ſo ſtark ablenkt als jene beyden zuſammen; denn ſie kommen ſo auf die zweyte Linſe ſchon mehr convergent, und daher mehr ſich der Richtung des durch die Mitte der Linſe gehenden (§. 773.) oder Achſenſtrahles nähernd.

Eine weſentliche Verbeſſerung bey achromatiſchen Fernröhren hat in der neueſten Zeit Statt gefunden dadurch, daß man die Linſen aus Kronglas und Flintglas, welche ſonſt die achromatiſche Linſe bilden, in bedeutender Entfernung von einander einſetzt, die erſte nähmlich befindet ſich am Ende des Rohres, die zweyte nahe in der halben Brennweite der erſteren. Dadurch wird erzielt, daß die Flintglaslinſe nur halb ſo groß zu ſeyn braucht, und das ganze Inſtrument kürzer wird. Plößl hat die erſten im Jahre 1833 nach Littrow's Rechnung verfertigt. Man nennet ſie die dialytiſchen (von διαλυω trennen).

§. 847. Das Taſchenperſpectiv. Man erhält auch ein Fernrohr, wenn man zum Objectivglaſe eine Convexlinſe, zum Ocularglaſe eine Concavlinſe nimmt. Beyde Gläſer ſind von einander ſelbſt faſt um den Unterſchied ihrer Brennweiten entfernt: d. h. der Brennpunct des convexen Objectivglaſes fällt mit dem negativen Brennpuncte des concaven Ocularglaſes auf der Seite des Auges nahe zuſammen. Je größer die Brennweite des erſten iſt, verglichen mit der des zweyten, deſto ſtärker iſt die Vergrößerung. Übrigens gilt die hier angegebene Entfernung der beyden Gläſer gleichfalls nur für ein Auge, welches man als unendlich weitſichtig ſich denkt; ſie müſſen daher einander etwas näher ſeyn, und deſto näher, je kurzſichtiger das Auge iſt. Man nennt dieſes Fernrohr das Holländiſche, auch das Galileiſche.

Genauer: ſo oft die negative Brennweite des Ocularglaſes in der Brennweite des Objectivglaſes enthalten iſt, ſo oft iſt der Durchmeſſer des durch das Fernrohr geſehenen Bildes größer, als der ohne Glas dem Auge erſcheinende Durchmeſſer des Objectes, was ſich aus den Zeichn. 333 u. 334., welche den Gang der Strahlen zeigen, leicht erſehen läßt. Es ſey (Zeichn. 334.) C das convexe Objectivglas, welches von einem fernen Gegenſtande MN in ſeinem Brennpuncte ein verkehrtes Bild mn entwerfen würde. Bevor die Strahlen jedes Lichtkegels ſich in dem Brennpuncte des vordern Glaſes ſchneiden, werden ſie von dem concaven Ocular D aufgefangen; und eben darum, weil ihre Vereinigungspuncte in dem negativen Brennpuncte liegen würden, werden ſie (zu Folge des § 778.) unter einander parallel. Es iſt nur noch der Weg der Lichtkegel ſelbſt, oder ihrer Hauptſtrahlen zu ſuchen. Dieſe, nähmlich ab und ac, kommen divergent auf die Linſe D, ſie müſſen daher noch mehr diver-

gent werden (§. 778.); ein Strahl p b, als durch die Mitte der Linſe gehend, müßte in der Richtung b m fortgehen; a c aber wird in der Richtung c d gebrochen, parallel mit b m. Denn wenn man ſich unter einer Menge Strahlen, die durch jeden Punct der Linſe D gezogen werden können, auch einen (p b m) durch die Mitte derſelben gehenden denkt: ſo würde dieſer ungebrochen fortgehen. Zwar geht kein ſolcher wirklich durch dieſe Mitte, allein die Wirkung der Linſe auf die übrigen wird deßhalb nicht geändert; ſie gehen mithin parallel mit b m. Das dicht hinter dem Ocular befindliche als unendlich weitſichtig gedachte Auge ſieht alſo den Punct M in der Richtung d c oder m b, den Punct N in der Richtung n b, mithin den Gegenſtand unter dem Winkel n b m = p b a, ſtatt daß es ihn, ohne Fernrohr unter dem Winkel m a n = M a N ſehen würde. Wenn wir nun, wie bey dem aſtronomiſchen Fernrohre, die ſcheinbare Größe ohne Gläſer 1, die Vergrößerung x nennen: ſo iſt auch hier 1 : x = *tang.* a : *tang.* b. Es iſt aber m n = *tang.* a für den Halbmeſſer a n, und dieſelbe m n = *tang.* b für den Halbmeſſer b n, mithin m n = *tang.* a . a n = *tang.* b . b n; alſo *tang.* a : *tang.* b = b n : a n; alſo auch 1 : x = b n : a n, und $x = \frac{an}{bn}$.

Auch für ein und daſſelbe Auge muß das Ocular dem Objective näher gebracht werden, wenn ein entfernterer Gegenſtand betrachtet wird, und weiter weggerückt werden, wenn ein näherer geſehen werden ſoll. Denn bey dem näheren Gegenſtande rücket das Bildchen m n (Z. 333.) weiter weg vom Glaſe, bey dem entfernteren rückt es dem Glaſe näher. Da die von den äußerſten Puncten des Gegenſtandes kommenden Strahlen hinter dem Ocularglaſe ſogleich nach den Richtungen b p, c q aus einander fahren: ſo muß man (wie es ſich von ſelbſt verſteht) das Auge ganz dicht hinter dieſes Glas halten, widrigenfalls werden die von jenen äußerſten Puncten des Gegenſtandes kommenden Strahlen das Auge ſchon nicht mehr treffen. Hieraus folgt, daß das Geſichtsfeld bey dieſem Fernrohre nur klein ausfalle, und zwar deſto kleiner, je ſtärker die Vergrößerung iſt. Man braucht daher heut zu Tage dieſe Fernröhre nur als kurze Taſchenperſpective, welche dann in der Regel keine ſtarke Vergrößerung geben, aber ſehr bequem aus freyer Hand zu gebrauchen ſind. Nimmt man aber mit einem kleinen Geſichtsfelde vorlieb: ſo laſſen ſich die Vergrößerungen bedeutend weit treiben; man nennet ſie dann Feldſtecher.

§. 848. Reflectoren. Ehe die achromatiſchen Fernröhre erfunden waren, ſuchte man die aus der Farbenzerſtreuung herrührende Undeutlichkeit dadurch zu vermeiden, daß man ſtatt des Objectivglaſes ſich eines Hohlſpiegels bediente. Denn ein Hohlſpiegel bewirket eben ſo phyſiſche Bilder, wie ein Convexglas (§. 752.). Die einfachſte Vorrichtung dieſer Art iſt ein Rohr, worin im Hintergrunde ein Hohlſpiegel ſich befindet. Dieſer wird gegen das Object gewendet. Das durch den Hohlſpiegel bewirkte Bild betrachtet man mittelſt eines convexen Ocularglaſes. Dieſes befindet ſich in einer kurzen engen Röhre, welche an der Wand des großen Rohrs angebracht iſt. Man hat demnach, indem man durch dieſe Röhre in das Rohr hineinſieht, den betrachteten Gegenſtand im Rücken. Da dieſe Röhre mit ihrem Ocularglaſe nothwendiger Weiſe etwas ſchief gegen die Achſe des großen Rohres geſtellt iſt: ſo muß auch der Spiegel etwas ſchief gegen dieſe Achſe geſtellt ſeyn. Übrigens befindet ſich der Brennpunct des Spiegels mit dem Brennpuncte des Ocularglaſes in einem und eben demſelben Puncte, wie bey dem aſtronomiſchen Fernrohre (§. 844.).

Die Zeichn. 335. zeigt die Einrichtung dieſes catoptriſchen Fernrohres und den dabey Statt findenden Gang der Strahlen. — Dieſe Einrichtung hat das Teleſcop von Herſchel, deſſen Röhre 40 Fuß lang iſt, und deſſen Spiegel eine Breite von 5 Fuß hat.

Außer dieſer eben angegebenen Einrichtung gibt es noch andere, bey welchen die von dem Hohlſpiegel reflectirten Strahlen wieder von einem andern kleinen Spiegel aufgefangen werden, und nach der zweyten Reflexion erſt in das Ocularglas gelangen.

In einer dieſer Einrichtungen (in der von Newton angegebenen) werden die durch den großen Hohlſpiegel reflectirten Strahlen, ehe ſie ein Bild entworfen, durch einen kleinen Planſpiegel aufgefangen, und in ein ſeitwärts an der großen Röhre angebrachtes kleines Röhrchen, in welchem das Ocularglas gefaßt iſt, reflectirt. Die Zeichn. 336. zeigt dieſe Einrichtung.

In dieſes Fernrohr muß man alſo ſeitwärts hineinſehen. Dieſes macht das Aufſuchen des Gegenſtandes ſehr unbequem. Um es zu erleichtern, bringt man in m n ein kleines dioptriſches Fernrohr an, welches mit der Achſe des großen Fernrohrs parallel iſt. Es heißt der Aufſucher oder Finder.

In einer andern Gattung des Spiegelteleſcops werden die von dem großen Hohlſpiegel zurückgeworfenen Strahlen, nachdem ſie das Bild des Gegenſtandes entworfen haben, von einem kleinen Hohlſpiegel (der mit dem großen parallel ſteht) aufgefangen, und in eine kleine Röhre geworfen, welche durch die Mittel des großen Spiegels hindurchgeht. In ihr befinden ſich zwey Convexgläſer, die um die Summen ihrer Brennweiten von einander abſtehen. Zwiſchen ihnen entſteht ein aufrechtes Bild des Gegenſtandes, welches vom Auge durch das ihm nächſte Glas geſehen wird. Die Zeichn. 337. zeigt dieſe Einrichtung, welche Gregory noch vor Newton angegeben hat. Man ſieht, daß dieſes Fernrohr ganz mit dem (im §. 845. beſchriebenen) Erdfernrohre übereinkommt. Der große Hohlſpiegel vertritt die Stelle des Objectivglaſes. — Man braucht hier keinen Sucher, wie bey Newtons Fernrohre; da aber die Mitte des großen Hohlſpiegels durchbohrt iſt, ſo gehen gerade die für die Deutlichkeit der Bilder vorzüglichſten Strahlen verloren.

Noch eine andere Einrichtung gab Caſſegrain dem Spiegelteleſcope. Er brachte nähmlich ſtatt des kleinen Hohlſpiegels einen kleinen Convexſpiegel an. Dieſer fängt die von dem großen Hohlſpiegel ausgehenden Strahlen auf, ehe ſie noch ein Bild entworfen haben. Das Bild entſteht demnach erſt in der Nähe des Ocularglaſes. Die Zeichn. 338. zeigt dieſe Einrichtung. Caſſegrain wollte dadurch die aus der Kugelgeſtalt des großen Spiegels entſtehende Undeutlichkeit mittelſt des Convexſpiegels aufheben.

Man hat gute dioptriſche Fernröhre mit guten catoptriſchen verglichen. Amici fand, daß ein catoptriſches eine Öffnung = $1^1/_3$ haben müſſe, um das zu leiſten, was ein Refractor bey der Öffnung = 1 leiſtet.

§. 849. Allgemeine Anmerkung. Für alle Gattungen von Fernröhren iſt noch Folgendes zu bemerken. Es verſteht ſich von ſelbſt, daß alle Linſen, aus denen ein Fernrohr beſteht, ſo geſtellt ſeyn müſſen, damit ihre Achſen in einer und derſelben geraden Linie liegen. Sie werden deßhalb in Röhren gefaßt, die außerdem auch den Vortheil gewähren, alles Seitenlicht abzuhalten. Sie werden in derſelben Abſicht inwendig geſchwärzt. An den Stellen, wo die Bilder hinfallen, werden ſogenannte Diaphragmen (Platten mit Öffnungen) angebracht. Damit das Fernrohr für jedes Auge, und eben ſo zur Betrach-

tung näherer und entfernterer Gegenſtände diene, muß das Ocular dem Objective genähert und von ihm entfernt werden können; daher bekommt das Objectiv eine eigene Röhre, das Ocular (oder der Oculareinſatz beym Erdfernrohre) wieder eine eigene. Man gibt ihnen auch Zwiſchenröhren, um ein tragbares Fernrohr zuſammenſchieben zu können. Man nennt ein ſolches dann ein Zugfernrohr. Bey größeren Fernröhren bedient man ſich aber nicht der Zugröhren (indem dieſe ſchwer in eine vollkommen gerade Linie zu ſtellen ſind); die Oculare ſind hier in einer engeren Röhre, die gewöhnlich mittelſt Schrauben in die gehörige Entfernung vom Objective geſtellt wird.

Um ein Fernrohr zu prüfen, iſt es gut, daſſelbe auf einen lichten Gegenſtand zu richten, deſſen Hintergrund dunkel iſt; daher ſich beſonders die Himmelskörper zur Nachtzeit dazu eignen. In einem guten Fernrohre muß das Bild ſcharf begränzt zu ſehen ſeyn. Wie man die Vergrößerung eines Fernrohres ſchätze, davon iſt bereits (§. 844. Zuſ.) geſprochen worden. Die Größe des Geſichtsfeldes wird beſtimmt durch die Größe des auf einmahl überſehenen Geſichtswinkels, der gleichſfalls nach §. 844. Zuſ. beſtimmt werden kann. — Noch ſoll eine Anwendung erwähnt werden, mittelſt welcher ein Fernrohr ein projicirender Apparat für die Sonne werden kann. Wird nähmlich durch den Fenſterbalken eines verfinſterten Zimmers das Objectiv eines Fernrohres (z. B. eines aſtronomiſchen) der Sonne zugekehrt, und das Ocular ſo weit weggerückt, daß beyde Gläſer mehr als um die Summe der Brennweiten von einander abſtehen: ſo erhält man auf einer weißen Tafel das Bild der Sonne und kann darauf die Sonnenflecken ſehen. Man nennt dieſe Vorrichtung ein Helioſcop (Sonnenzeiger). Das durch das Objectiv bewirkte Bildchen ſteht nähmlich hier weiter weg vom Ocular als um die Brennweite des letzteren; die Strahlen des Bildchens können demnach wieder ein phyſiſches Bild machen (§. 752.). Den Gang der Strahlen zeigt die Zeichn. 339.

## Microſcope.

§. 850. Ein einfaches Microſcop iſt eine convexe Glaslinſe von einer ſehr kleinen Brennweite. Je kleiner dieſe Brennweite iſt, deſto ſtärker iſt die Vergrößerung. Der Gegenſtand kömmt beynahe in den Brennpunct.

Die Wirkung der microſcopiſchen Linſen iſt darin gegründet, daß der

Sehewinkel (§. 734.) dadurch ſehr vergrößert wird. Er würde auch vergrößert, wenn man den Gegenſtand dem Auge ſehr nahe brächte; allein dann würden die aus jedem einzelnen Puncte desſelben auf das Auge fallenden Strahlen zu ſehr divergiren, und demnach würde das Bild eines jeden Punctes zu weit hinter die Kryſtall-Linſe fallen, und ſo ein undeutliches Bild geben (§. 833.). Eine Convexlinſe vermindert die Divergenz, die Bilder der einzelnen Puncte fallen nun auf die Netzhaut, und ſo iſt das Bild des ganzen Objectes deutlich. Die Zeichn. 340. zeigt den Gang der Strahlen; ab iſt der Gegenſtand, von jedem ſeiner Puncte fällt ein Strahlenkegel auf die Linſe, $\alpha\beta$ iſt das Bild. Man ſieht, daß der Gegenſtand etwas näher dem Glaſe liegen müſſe als der Brennpunct, damit die aus einem und demſelben Puncte auffallenden Strahlen nach der Brechung noch divergent bleiben (§. 772). Käme er in den Brennpunct: ſo würden ſie parallel, und gäben gar kein Bild. — Auch ſieht man von ſelbſt ein, daß das kurzſichtige Auge den Gegenſtand näher an die Linſe bringen müſſe, als das weitſichtige; denn jenes verlangt eine ſtärkere Divergenz der Strahlen eines und desſelben Lichtkegels, um deutlich zu ſehen (§. 838.). Die Vergrößerung bey einem einfachen Microſcope iſt nahe ſo oftmahlig, als die Brennweite der Linſe in der zum deutlichen Sehen nöthigen Entfernung enthalten iſt. Sie würde genau ſo oftmahlig ſeyn, wenn das Auge durch vollkommen parallele Strahlen ſehen könnte.

Daß eine jede convexe Linſe vergrößerte Bilder des Gegenſtandes zeigt, die ihr näher liegen als dieſer Brennpunct, iſt aus § 772. bekannt. Zur Betrachtung ſehr kleiner Gegenſtände aber bedient man ſich, eben um eine ſtarke Vergrößerung zu erhalten, nur der Linſen von kleiner Brennweite. Ein Tröpfchen Waſſer in dem Löchlein einer Metallplatte kann auch als Microſcop dienen.

Auch bey Microſcopen iſt außer der Vergrößerung noch wichtig das Geſichtsfeld (welches bey einem einfachen Microſcope deſto größer iſt, je weniger es vergrößert); dann die Deutlichkeit (welche vermehrt wird, je weniger ſphäriſche und chromatiſche Abweichung eine Linſe hat). Dieſe letztere iſt bey manchen Edelſteinen gering. — Bey ſtarken Vergrößerungen iſt eine ſtarke Beleuchtung nothwendig, die man manchmahl mittelſt kleiner zweckmäßig angebrachter Hohlſpiegel zu bewirken ſucht.

§. 851. Man kann ſtatt einer Convexlinſe, zweyer nahe an einander gebrachten ſich bedienen. Dieſe brauchen dann weniger

gekrümmt zu ſeyn als eine einzige, die eine eben ſo ſtarke Vergrößerung gäbe, gewähren aber dabey mehr Helligkeit (weil ſie größer ſeyn können, und daher mehr Lichtſtrahlen von jedem Puncte des Gegenſtandes auf ſie fallen), auch eine geringere ſphäriſche Abweichung. — Man ſetzt wohl auch mehrere Linſen hinter einander in eine Faſſung, um nach Belieben einer oder mehrerer ſich bedienen zu können.

Der Grund, aus welchem durch zwey Linſen zuſammen die ſphäriſche Abweichung vermindert werde, iſt bereits gemeldet worden (§. 846. Zuſ.).

Wollaſton hat einen Apparat angegeben, der aus zwey planconvexen Linſen von verſchiedener Brennweite beſteht, und von ſehr guter Wirkung iſt. Er wird in Zeichn. 441. abgebildet. L und l ſind die zwey Linſen auf einem Geſtelle, s ein kleiner Planſpiegel, um das Object zu beleuchten, welches auf den Objectenträger o gelegt wird, und durchſcheinend ſeyn muß.

Auch Chevalier's Inſtrument (Zeichn. 442.) verdient einer kurzen Erwähnung. Der Gegenſtand o wird durch einen kleinen Hohlſpiegel beleuchtet, L und l ſind planconvexe Linſen, deren Convexitäten einander zugekehrt ſind, a b c iſt ein rechtwinkeliges Glasprisma, deſſen Seite b c mit Papier belegt iſt. Die Strahlen werden von b c zurückgeworfen und das Bild auf einem mattgeſchliffenen Glaſe aufgefangen.

§. 852. Das eigentlich ſogenannte **zuſammengeſetzte Microſcop** iſt eine Vorrichtung, mittelſt welcher das Auge durch eine Convexlinſe nicht den Gegenſtand ſelbſt betrachtet, ſondern das phyſiſche Bild desſelben, welches durch eine andere Linſe bewirket wird. Es beſteht in ſeiner einfachſten Geſtalt aus zwey Convexlinſen, davon die dem Gegenſtande zugewendete das **Objectivglas** genannt wird, die an das Auge gebrachte das **Ocularglas** heißt. Das Objectivglas iſt eine microſcopiſche Linſe (alſo von einer ſehr kleinen Brennweite), das Ocularglas eine Convexlinſe von bedeutend größerer Brennweite. Dieſe werden in eine im Innern geſchwärzte Röhre R (Zeichn. 343.) eingeſetzt; die Objectivlinſe in l, die Ocurlarlinſe in l'. Für die Objecte dient das Tiſchchen in o, welches der Objectivlinſe mittelſt einer Schraube ſo lange genähert wird, bis das Bild

deutlich erſcheint. Zur Beleuchtung des Objectes dient ein kleiner Hohlſpiegel s. Des Objectes Stelle iſt von dem Objectivglaſe etwas weiter weg, als der Brennpunct dieſes Glaſes. Den Gang der Strahlen ſieht man in der Zeichn. 344.

Stünde nähmlich der Gegenſtand in dem Brennpuncte der Linſe A: ſo würden die Strahlen eines jeden Lichtkegels nach der Brechung parallel, es entſtünde demnach kein Bild. Da aber der Gegenſtand etwas weiter von dem Glaſe A wegſteht, ſo entſteht das Bild $\alpha\beta$. Die Entfernung des Glaſes B von dem Bilde iſt kleiner als die Brennweite dieſes Glaſes, daher bleiben die Strahlen eines jeden Lichtkegels divergirend, nur wird ihre Divergenz kleiner; die verſchiedenen Lichtkegel ſelbſt (deren Richtungen ihre Achſen angeben) werden convergirend (denn ſie divergiren weniger, als wenn ſie aus dem Brennpuncte des Glaſes B kämen). Das Auge o ſieht demnach das Bild $\alpha\beta$ des kleinen Gegenſtandes a b unter dem Geſichtswinkel $\alpha' o \beta'$. — Eine bedeutende Verbeſſerung erhält das eben beſchriebene Microſcop, wenn man zwiſchen das Objectivglas und das Ocularglas noch ein Glas einſetzt. Den Gang der Strahlen zeigt die Zeichn. 345. Man ſieht, daß die von dem Objectivglaſe kommenden Strahlen von dem Zwiſchenglaſe aufgefangen werden, ehe ſie ſich vereinigt haben. Man überſieht durch dieſe Einrichtung ein größeres Feld; weßhalb man auch jenes Glas das Feldglas nennt. Es gibt auch eine Einrichtung, bey welcher der Gang der Strahlen in der Zeichnung 346. abgebildet wird. Dieſe letztere iſt von Ramsden, jene in der Zeichn. 345. abgebildete von Campani. — Das Zwiſchenglas hat überdieß eine achromatiſirende Wirkung.

Soll ein Microſcop Anſpruch auf Vollkommenheit machen, ſo müſſen die Objectivlinſen achromatiſch ſeyn. Da dieſe Linſen immer von ſehr kleiner Brennweite ſeyn müſſen: ſo iſt es ſchwierig, ſie auch von aller ſphäriſchen Abweichung durch die ihnen ertheilte gehörige Geſtalt zu befreyen, und ſie mithin aplanatiſch (d. h. von beyden Abweichungen frey) herzuſtellen. Man erhält aber (nach §. 851. Zuſ.) die Wirkung einer Linſe von ſehr kurzer Brennweite, wenn man zwey, auch drey achromatiſirte Linſen von größerer Brennweite an einander ſchraubt. Zugleich gewinnt auch das Bild bedeutend an Helligkeit, weil man dieſen Linſen eine weit größere Öffnung geben kann als den gewöhnlichen, deren Öffnung (jener zwey Abweichungen wegen) immer nur eine ſehr kleine ſeyn darf. — Die Ocularlinſe kann deſto ſchärfer (vergrößernder) ſeyn, je vollkommener das Objectiv iſt. Um indeſſen auch noch irgend eine übrig bleibende chromatiſche Abwei-

chung wegzubringen, wird vor dem eigentlichen Oculare noch ein Collectivglas angebracht. Zur möglichſten Verringerung der ſphäriſchen Abweichung macht man die Linſen planconvex, wendet ihre Krümmungen gegen das Object zu, und deckt allenfalls die halbe Öffnung derſelben. — Es verſteht ſich von ſelbſt, daß für dasſelbe Objectiv mehrere Oculare und umgekehrt gebraucht werden können; nur muß bey jeder auch die Entfernung des Objectes geändert werden, damit immer das Bild dort entſtehe, wo es von dem angewendeten Oculare betrachtet werden kann. Durch Beobachtung dieſer Regeln hat Plößl in Wien ſehr vollkommene Microſcope hergeſtellt.

Um an einem Microſcope die Vergrößerung durch eine Probe zu finden, bedient man ſich eines Micrometers. Es beſteht ein ſolches aus einem Gitter von ſehr feinen Linien, welche mit Demant in ein ebenes Glas geſchnitten ſind. Um ein ſolches an dem Microſcope anzuwenden, dient folgendes Verfahren. Das hinter dem Ocularglaſe befindliche Diaphragma muß ſich genau an der Stelle befinden, wo das durch das Objectivglas hervorgebrachte Bild hinfallen ſoll. Ob es dort ſey, erkennt man daraus, wenn die Gränzen dieſes Diaphragma, durch das Ocularglas betrachtet, deutlich erſcheinen. Man bringt nun das Micrometer auf den Träger der zu betrachtenden Gegenſtände an das Objectivglas, und nähert ihm das Microſcop ſo lange, bis das Bild der Parallellinien oder Gitterfelder deutlich erſcheint. Dieſes Bild iſt nun wirklich an der Stelle des Diaphragma. Man zählt, wie viele Parallellinien oder Felder in der Öffnung des Diaphragma zu ſehen ſind. So vielmahl nun der Durchmeſſer des geſehenen Theiles des Micrometers in dem Durchmeſſer der Öffnung des Diaphragma enthalten iſt, ſo vielmahlig iſt die durch das Objectivglas hervorgebrachte Vergrößerung, wie leicht einzuſehen iſt. — Nun wird aber dieſes Bild auch durch das Ocularglas vergrößert, und zwar nach §. 850. Zuſ. ſo oft als die Brennweite dieſes Glaſes in der zum Deutlichſehen nöthigen Entfernung eines Objectes vom Auge enthalten iſt. Geſetzt, dieſe Vergrößerung wäre = 5, jene durch das Objectivglas hervorgebrachte wäre = 20, ſo iſt die Totalvergrößerung = 100. — Weiß man, wie ſtark ein Microſcop vergrößert: ſo läßt ſich mittelſt ſeiner auch die wahre Größe eines kleinen Objectes finden. Man bringe zu dieſem Ende an die Stelle, wohin das durch das Objectivglas hervorgebrachte Bild fällt (nähmlich an das Diaphragma) das Micrometer an. Man zähle die Parallellinien oder Felder, die man daran durch das Ocularglas überſieht. Man bringe dann das in

der Frage ſtehende kleine Object vor das Objectivglas, ſehe in das Microſcop, und merke, wie viel der Felder am Micrometer der Durchmeſſer des nun erſcheinenden Bildes von dem Objecte einnimmt. Die Zahl der durch des Bildes Durchmeſſer bemerkten Abtheilungen am Micrometer dividire man durch die Zahl, welche die Vergrößerung des Objectivglaſes ausdrückt; der Quotient gibt die Größe des Durchmeſſers dieſes Objectes. Geſetzt, das Bild gehe durch m Abtheilungen, des Bildes Durchmeſſer aber ſey durch das Objectivglas n Mahl vergrößert; ſo iſt der wahre Durchmeſſer desſelben $= \frac{m}{n}$ ſolcher Abtheilungen. — Überhaupt iſt zu merken, daß man bey der Angabe der Vergrößerungen eines Objectes den Durchmeſſer verſtehen kann, oder auch die geſehene Oberfläche; man ſpricht wohl auch (doch uneigentlich) von der Vergrößerung des körperlichen Inhaltes. Wird der Durchmeſſer eines Körpers 10mahl vergrößert, ſo wird die geſehene Oberfläche 100mahl, ſein körperlicher Inhalt 1000mahl größer geſehen. —

§. 853. Catroptriſches Microſcop. In dieſem iſt die Objectivlinſe durch einen Hohlſpiegel erſetzt, der das Bildchen macht, welches durch das Ocular angeſehen wird. Doch iſt noch ein Planſpiegel nothwendig, um die Strahlen von dem Objecte dem Hohlſpiegel zuzuführen. So ſind denn (wie es die Zeichn. 347. andeutet) folgende Stücke die Beſtandtheile des Apparates. Das unter dem Winkel von 45° angebrachte Planſpiegelchen s, in welchem das unter der Öffnung o der horizontalen Röhre R liegende Object g ſich ſpiegelt, ſendet die auf ihn fallenden Strahlen dem elliptiſch gekrümmten Hohlſpiegel h. Die von dieſem zurückgeworfenen Strahlen machen das Bildchen vor der Linſe l, durch welche es von dem Auge angeſehen wird. Um das Object zu beleuchten, dient der kleine äußere Hohlſpiegel h′.

Durch dieſen Apparat läßt ſich eine ſtarke Vergrößerung erhalten; auch laſſen ſich ziemlich große Gegenſtände dadurch betrachten; doch iſt die Lichtſtärke geringer als bey vollkommen dioptriſchen Microſcopen. Der Erfinder desſelben iſt Amici.

§. 854. Das Sonnenmicroſcop iſt eine Vorrichtung, mittelſt welcher das durch Sonnenſtrahlen erleuchtete Bild eines

kleinen Gegenſtandes ſehr vergrößert auf eine weiße Wand in einem verfinſterten Zimmer geworfen wird, um da betrachtet zu werden. Die Theile dieſer Vorrichtung ſind: ein Planſpiegel, ein Collectivglas und eine kleine Glaslinſe, welche mit dem Collectivglaſe in einer Röhre gefaßt iſt. Der Planſpiegel s p (Zeichn. 348.) wird außer dem Fenſterladen ſo befeſtigt, daß er mittelſt einer zweckmäßigen Vorrichtung unter einem beliebigen Winkel geneigt, und zugleich immer nach derjenigen Gegend gewendet werden kann, wo die Sonne ſich befindet; er dient nähmlich, um die ſchief auf ihn fallenden Sonnenſtrahlen aufzufangen, und ſie dem Collectivglaſe c g zuzuſenden. Das Collectivglas vereinigt dieſe Strahlen in ſeinem Brennpuncte. Hier befindet ſich das kleine durchſcheinende Object, und wird auf dieſe Weiſe ſehr ſtark erleuchtet, und dadurch gewiſſer Maßen ein leuchtendes Object. Das Licht von jedem Puncte desſelben fällt nun auf die Glaslinſe l, welche von dem Objecte etwas mehr als um die Brennweite abſteht. Es wird mithin durch die Linſe l ein umgekehrtes ſehr vergrößertes Bild entworfen, und zeichnet ſich an der weißen Wand ab.

Die Größe und Deutlichkeit des Bildes hängt ab von der gehörigen Entfernung des Objectes und der auffangenden Wand oder Tafel von der Linſe l. Je mehr das Object dem Brennpuncte f der Linſe l genähert wird, deſto weiter weg muß die das Bild auffangende Tafel geſtellt werden, deſto größer iſt das Bild, aber deſto weniger hell, wie von ſelbſt ſich ergibt.

Man hat auch eine Vorrichtung, mittelſt deren man vergrößerte Bilder undurchſichtiger Gegenſtände erhalten kann. Es werden nähmlich die durch das Collectivglas c g geſammelten Strahlen von einem kleinen unter 45 Grade geneigten Spiegel s′ p′ (Z. 349.) aufgefangen, auf das undurchſichtige kleine Object a b reflectirt und dieſes dadurch ſtark erleuchtet. Dieſes iſt nun wie in dem vorigen Falle gleichſam ein leuchtender Körper, der auch hier von der kleinen Linſe l etwas mehr als um die Brennweite der letztern abſtehen muß, damit ein vergrößertes Bild entworfen werde.

Auch das Lampenmicroſcop von Adams beſteht, wie das Sonnenmicroſcop und die Zauberlaterne, aus Theilen, welche zur ſtarken Beleuchtung des kleinen undurchſichtigen Objectes dienen, zweytens aus ſolchen, die das Bild des Objectes ver-

größern. Die erſtern ſind eine argand'ſche Lampe, ein convexes Glas und ein Hohlſpiegel; die letztern ſind eine kleine convexe Glaslinſe und zwey, mehrere Zoll breite, Convexgläſer, die nahe beyſammen ſtehen, und vereinigt als ein convexes Glas wirken. In der Zeichn. 350. iſt f die Stelle, wo die Lampenflamme ſich befindet. Sie iſt im Brennpuncte des convexen Glaſes g g'; daher werden die aus f kommenden Strahlen parallel, und fallen auf den Hohlſpiegel, der ſo geneigt wird, damit ſie von ihm reflectirt auf dem Objecte a b vereinigt werden. Dieſes iſt nun ſtark erleuchtet, und da es kein Spiegel iſt, ſo fährt das darauf gefallene Licht von jedem Puncte, alſo auch von a und b in divergenten Strahlen zurück. Es fällt nun auf die Linſe l, welche um ihre Brennweite von dem Objecte entfernt iſt. Es werden demnach die Strahlen des Lichtkegels eines jeden Punctes zu parallelen, die Achſen der Lichtkegel ſelbſt aber ſchneiden einander; das Licht aus a gelangt nach a', das von b nach b' an die größern Sammlungsgläſer. Dieſe haben eine bedeutende Brennweite, jedes etwa von 15 bis 16 Zoll. Da ſie vereint als ein Glas wirken: ſo werden die in a' und b' parallel auffallenden Strahlen ſich nach der Brechung in der Entfernung von etwa 8 Zollen vereinigen, und die Achſen der Strahlenkegel werden ebenfalls convergiren. So entſteht von a ein Bild in $\alpha$, von b in $\beta$. Beyde Bilder können von einem Auge zugleich geſehen werden, wenn dieſes ſich an der Stelle o befindet, wo die Achſen der Lichtkegel einander ſchneiden. Zur Bequemlichkeit wird in o ein auf einem Geſtelle befeſtigtes Diaphragma angebracht, an deſſen Öffnung das Auge ſich anlegt. Je kleiner die Brennweite der Objectivlinſe, deſto größer erſcheinet das Object.

### Noch einige optiſche Apparate.

§. 855. Tragbare dunkle Kammer. Von der optiſchen dunkeln Kammer haben wir ſchon geſprochen, ſo auch von der dioptriſchen (§. 728.); hier wollen wir noch von der catoptriſchen einige Worte ſagen. Eine ſolche iſt in der Zeichn. 351. abgebildet. Die Strahlen des Gegenſtandes fallen hier auf den geneigten Planſpiegel m n, und werden von ihm in dem finſtern Kaſten k reflectirt. Da die von einem Planſpiegel zurückgeworfenen Strahlen dieſelbe gegenſeitige Lage haben, welche ſie vor der Zurückwerfung hatten (§. 746.): ſo werden ſie auf dem Boden r r das Bild des Gegenſtandes ſo entwerfen, als ob dieſer über dem Boden ſich befände. Die

Glaslinſe l l iſt zu der Deutlichkeit des Bildes nothwendig, damit die zu jedem Lichtkegel gehörigen Strahlen in einem und demſelben Puncte vereinigt werden. Wird hier das Bild auf einem Blatte Papier aufgefangen: ſo können die erſcheinenden Bilder abgezeichnet werden.

Wollaſton ſchlägt zu der dunkeln Kammer einen Meniſcus vor, deſſen concave Seite gegen das Object, die convexe gegen das Bild gewendet iſt.

In der gewöhnlichen dunkeln Kammer (Zeichn. 352.) werden die Bilder der Gegenſtände von einem innern unter 45° geneigten Planſpiegel aufgefangen, und auf eine matt geſchliffene Glastafel g l geworfen. Um betrachtet zu werden, muß von dem Glaſe g l alles fremde von außen kommende Licht abgehalten werden. Dieſes geſchieht durch den unter beliebigem Winkel neigbaren Deckel d. — Helle Kammer (camera clara) heißt ein Apparat, wo das Bild, ſtatt mit dem Glaſe g l aufgefangen zu werden, durch eine Convexlinſe betrachtet wird. An dem in §. 855. angegebenen Apparate hat Chevalier die Abänderung gemacht, daß er den Spiegel und die Linſe durch ein Glas erſetzt, wie es in der Zeichn. 353. abgebildet iſt. Die von dem Gegenſtande auf die convexe Fläche A fallenden Strahlen würden irgendwo ein Bild entwerfen. Sie kommen nach ihrer Brechung auf die ebene Fläche B, von der ſie, wie von einem Planſpiegel, zurückgeworfen werden, werden an der concaven Fläche C nochmahls gebrochen, und bilden auf der in gehöriger Entfernung ſich befindenden Fläche die Gegenſtände ab.

§. 856. Eben ſo, wie die dunkle Kammer, dienet zur Abzeichnung der Bilder wohlbeleuchteter Gegenſtände auch ein anderer von Wollaſton angegebener Apparat. Er wird die helle Kammer (camera lucida) genannt, gründet ſich auf die Zurückwerfung des Lichtes von ebenen Spiegeln, und beſteht aus einem kleinen vierſeitigen Glasprisma a b (Zeichn. 354.), welches bey d einen rechten Winkel hat, und deſſen zwey ſchmälere Seiten Sehnen ſind von Achtelbögen eines Kreiſes. Ein jeder horizontale Lichtſtrahl f g geht ohne Brechung in das Prisma, wird auf der Fläche b c zurückgeworfen nach k, und von k nach e, wo das Auge des Zuſehers ſeine Stelle hat. Wenn nun unter dem Prisma eine weiße Fläche (z. B. ein Blatt

Papier) liegt, und das Auge hat ſeine Stellung ganz nahe an der Kante: ſo ſieht dieſes das Bild des Punctes s, und eben ſo die Bilder verſchiedener, in der Gegend s befindlichen Gegenſtände; zugleich ſieht es aber auch das unter dem Prisma liegende Papier und die Bleyfeder, welche beſtimmt iſt, die erſcheinenden Bilder der äußern Objecte auf das Papier zu zeichnen. Mit einiger Übung wird man es dahin bringen, Beydes mit ziemlicher Klarheit zu ſehen.

Übrigens hat der ganze Apparat die Geſtalt, wie in der Zeichn. 355.; m n iſt ein kleines Geſtelle von hinreichendem Gewichte, r eine meſſingene Stange von etwa 6 Zoll Länge, die ſich beliebig neigen läßt, um unter dem Prisma dem Papiere Raum zu geſtatten; das Prisma iſt oben an einer horizontalen Achſe angebracht, und um dieſe drehbar; es iſt etwa einen Zoll lang und einen Zoll breit. Da man nur ein kleines Theilchen davon nöthig hat: ſo iſt über dem Prisma eine bewegliche Platte mit einer kleinen Öffnung angebracht, die man ſo darüber legt, daß das Loch zum Theil von dem Prisma bedeckt iſt, zum Theil eine freye Durchſicht gewährt. — Bringt man einen kleinen metallenen Planſpiegel unter einem Winkel von 45° an das Ocularglas eines Fernrohres an: ſo ſieht man die Gegenſtände, gegen die das Fernrohr gerichtet iſt, in dem Spiegelchen. Man kann dann auch dieſe auf eine ähnliche Art abzeichnen. Die Bilder ſind (nach §. 747. Zuſ.) nothwendiger Weiſe umgekehrt, wenn das Fernrohr ein Erdrohr iſt; aufrecht aber, wenn man ſich eines Sternrohres bedient.

An der hellen Kammer machte Amici folgende Änderung. An einer etwas dicken Glastafel g (Z. 356.) brachte er einen Metallſpiegel unter dem Winkel von 135° an. Kommt von einem Gegenſtande ein Strahl s auf den Spiegel: ſo wird er zuerſt auf die Glastafel, und von dieſer in das Auge A zurückgeworfen. Es ſieht das Auge mithin den Punct, aus dem der Strahl kommt, und zugleich ſieht es durch die Glastafel den Punct σ an der Fläche m n. Auf dieſer kann mithin der Gegenſtand abgezeichnet werden.

§. 857. Zauberlaterne. Dieſe hat eine Ähnlichkeit mit dem Sonnenmicroſcop. Es iſt nähmlich dieſes Microſcop nur eine ſehr verbeſſerte Zauberlaterne, zu deren Beleuchtung man ſich des Sonnenlichtes bedient; in der Zauberlaterne dagegen iſt die Flamme einer Lampe das Leuchtende. Das

Licht derſelben wird entweder durch einen Hohlſpiegel s (Z. 357.), oder durch ein ſtark convexes Glas geſammelt, und ſo wird das auf eine Glastafel mit durchſcheinenden Farben gemahlte Bild b erleuchtet. Hinter dieſem befinden ſich zwey ziemlich große convexe Linſengläſer, die ſich näher an einander oder weiter von einander bewegen laſſen. Die von jedem Puncte des Objectes ausgehenden Strahlen werden mittelſt der Convexlinſen convergirend, vereinigen ſich in irgend einer Entfernung, und geben dort das Bild des Punctes. Da dieſes nun von allen Puncten gilt: ſo wird das Bild des ganzen Objectes hervorgebracht. Das Object erſcheint demnach auf einer Tafel oder Wand, die in gehöriger Entfernung ſich befindet, abgebildet. Die Abbildung iſt vergrößert und umgekehrt. Damit ſie aufrecht erſcheine, muß das Gemälde umgekehrt eingeſetzt werden. Die Lampe und der Hohlſpiegel kommen in einen kleinen Kaſten (meiſtens aus Blech), an welchem die Röhre mit den zwey Linſengläſern ſich befindet.

Wenn man, ſtatt die Bilder auf der Wand aufzufangen, ſie mit einem durchſcheinenden Vorhange auffängt, hinter welchem die Zuſeher ſich befinden: ſo iſt das Schauſpiel angenehmer. Auf dieſe Weiſe bringt man die Erſcheinungen der ſogenannten Fantasmagorie hervor. Die Zauberlaterne iſt hier auf einem kleinen Wagen angebracht, deſſen Räder, um alles Geräuſch zu vermeiden, an ihrem Umfange mit Tuch überzogen ſind. So läßt ſich der Apparat dem Vorhange ſtille nähern, und von ihm entfernen. Um für jede Entfernung die gehörige Stellung der Linſen ebenfalls allmählich zu bewirken, dienet eine kleine Kurbel. Das Glas, worauf die Gemählde abgebildet ſind, muß übrigens ganz ſchwarz ſeyn, um nur durch die Gemählde Licht durchzulaſſen, und überhaupt iſt hier alles genauer, als an den gewöhnlichen Schattenſcheiben. — Man ſieht von ſelbſt ein, daß durch die Annäherung oder Entfernung der Zauberlaterne das Bild am Vorhange bald kleiner, bald größer erſcheinen müſſe. Dem Zuſeher wird es ſcheinen, als ob in dem einen Falle das Object ſich von ihm entferne, im andern Falle ſich ihm nähere. Doch hat die Fantasmagorie in Beziehung auf vollkommene Täuſchung noch den Fehler, daß das größer werdende, ſich demnach zu nähern ſcheinende Object, ſtatt ſtärker beleuchtet zu erſcheinen, immer eine ſchwächere Beleuchtung zeigt, je größer es wird.

§. 858. Reflexionsgoniometer. Darunter verſteht man Apparate, die beſtimmt ſind zur Meſſung der Winkel, unter welchen die Flächen der Kryſtalle ſich ſchneiden. Dergleichen ſind verſchiedene angegeben worden, von denen das von Wollaſton das bekannteſte iſt. — Der Grund der Meſſung beruht auf folgender Betrachtung. Es ſeyen (Z. 358.) a b und b c zwey mit einander verbundene Spiegelflächen (dergleichen auch die Flächen eines Kryſtalles ſind). Man wünſcht den Winkel bey b zu beſtimmen. Geſetzt, es falle ein Strahl s t auf die Fläche a b und komme durch Reflexion in das Auge o: ſo muß, damit derſelbe Strahl von der Fläche b c ins Auge zurückgeworfen werde, dieſe Fläche in die Richtung der vorigen kommen, was durch Drehung des Kryſtalles geſchieht. Iſt aber dieſe Fläche b c in die Lage m b gekommen, ſo macht ſie mit ihrer vorigen Lage den Winkel m b c, welche der Ergänzungswinkel des zu meſſenden Winkels a b c auf 180° iſt. Iſt mithin der Kryſtall etwa um 60° gedreht worden: ſo ſind offenbar ſeine Flächen gegen einander geneigt, um den Winkel von 180° — 60° = 120°.

Wollaſtons Apparat iſt in Zeichn. 359. abgebildet. Er beſteht aus einem verticalen Kreiſe A, deſſen horizontale Achſe mit dem Scheibchen a verbunden iſt. Wird dieſes Scheibchen gedreht, ſo dreht ſich auch der Kreis A. Die Achſe von a iſt aber durchbohrt, durch ſie hindurch geht eine zweyte Achſe, die an dem einen Ende gleichfalls mit einem Scheibchen b verſehen iſt, welches zur Drehung derſelben dienet. Am andern Ende trägt aber dieſe Achſe die Vorrichtung v, welche aus Theilen beſteht, die ſich rechtwinkelig an einander bewegen laſſen. An die kleine Pincette p wird der Kryſtall befeſtigt, und kann dann in die verſchiedenſten Lagen gebracht werden. Beym Gebrauche müſſen vor allem andern die beyden Flächen des Kryſtalles, deren Berührungswinkel man meſſen will, genau parallel mit der Achſe des Scheibchens b ſeyn. Sie können mittelſt des Armes d und der Pincette p dieſe Stellung bekommen; ob ſie dieſelbe wirklich haben, unterſucht man folgender Weiſe. Man ſetzt den Apparat auf eine horizontale Fläche, hält das Auge nahe hinter den Kryſtall, betrachtet etwa das gegenüberſtehende Gebäude in einer der Flächen des Kryſtalls, und dreht dieſen ſo, daß eine der höchſten Horizontallinien (z. B. die Linie des Daches) mit einer zugleich durchs freye Auge geſehenen untern Horizontallinie zuſammenfalle. Jetzt dreht man

die innere Achſe mittelſt des Scheibchens b, bis man in der zweyten Fläche des Kryſtalls wieder dieſes Zuſammenfallen der beyden oben genannten Horizontallinien erhält. Fallen ſie wirklich zuſammen, ſo iſt die Stellung des Kryſtalles richtig. Nun erſt fängt die eigentliche Meſſung an. Man dreht nähmlich mittelſt des Scheibchens a die äußere Achſe (wodurch ſowohl der Kreis A als auch die innere Achſe, und mithin auch der Kryſtall bewegt wird) ſo lange, bis das Zuſammenfallen jener beyden Horizontallinien neuerdings Statt findet. Man hat ſo den Kryſtall um den Ergänzungswinkel des zu meſſenden gedreht. Am Rande des Kreiſes A iſt eine Eintheilung, an der die Grade ſich ableſen laſſen. Dieſe Eintheilung iſt ſo verzeichnet, daß ſie der Bequemlichkeit wegen den geſuchten Winkel ſelbſt (ſtatt des wirklichen Drehungswinkels) angibt.

§. 859. Helioſtat. Darunter verſteht man einen Apparat, der beſtimmt iſt, den mit einem Spiegel aufgefangenen Sonnenſtrahlen eine beſtimmte Richtung zu geben, und ſie in dieſer Richtung (ungeachtet des Weiterrückens der Sonne) eine beliebige Zeit hindurch bleibend zu erhalten, welches man bey Anſtellung mancher Verſuche nöthig hat. Man erreicht dieſen Zweck durch einen Spiegel, welcher auf irgend eine Art mit einem Uhrwerk in Verbindung geſetzt und dadurch ſo gedreht wird, daß bey der immerwährend veränderten Richtung der Sonnenſtrahlen dieſelben dennoch immer nach der nähmlichen Stelle hin reflectirt werden.

§. 860. Es erhellet von ſelbſt, daß ſich noch unzählige Anwendungen von Spiegeln und Gläſern theils zu beluſtigenden Erſcheinungen, theils zu ernſtern Zwecken machen laſſen. So hat man dergleichen unter anderm auch zum Behufe von mancherley Meſſungen. Sie werden indeſſen ohnedieß in denjenigen wiſſenſchaftlichen Zweigen, in denen davon Gebrauch geſchieht, angegeben.

Dennoch wollen wir gelegenheitlich hier noch eines für die praktiſche Geometrie von Gauß angegebenen Apparates (des Heliotrops) wenigſtens mit einigen Worten erwähnen. Sein Zweck iſt, das aufgefangene Sonnenlicht auf einen beſtimmten, weit entfernten Ort zu reflectiren, damit es von dort aus geſehen als ein Lichtſignal diene. Er beſteht aus zwey unter einem rechten Winkel an einander gefügten Planſpiegeln, einem größeren und einem kleineren. Es ſey (Zeichn. 360.) a b die Lage des einen, c d die des andern. Geſetzt, die

Sonnenſtrahlen kämen in der Richtung s t, ſo würden ſie von dem Spiegel a b in der Richtung t u, von dem Spiegel c d in der Richtung t v zurückgeworfen. Richtet man nun ein Fernrohr f nach dem Puncte v, wo der Beobachter des Signals ſich befindet, und dreht dann die verbundenen Spiegel ſo lange, bis das Sonnenbild von dem Auge bey o in dem kleinen Spiegel a b geſehen wird: ſo wird das von dem zweyten Spiegel c d reflectirte dem Beobachter in v erſcheinen. — Bey der wirklichen Anwendung hält das an einem hinreichend ſtarken Träger befeſtigte Fernrohr einen um die Achſe a drehbaren Rahmen R (Zeichn. 361.). In dieſem ſind die Spiegel s, s′ in derſelben Ebene befeſtigt, bilden mithin nur einen, aber unterbrochenen Spiegel. Wo ſie unterbrochen ſind, iſt der kleinere rechtwinkelig geſtellte ſchwarze Spiegel σ angebracht. In dieſem wird durch das Fernrohr (welches zuerſt nach dem Orte des Signalbeobachters iſt gerichtet worden) das Sonnenbild geſehen.

## M. Von den Wirkungen des Lichtes, die nicht im Leuchten beſtehen, und dem Weſen dieſer Naturthätigkeit.

§. 861. Dieſe Wirkungen ſind: Erwärmung, materielle, durch das Licht hervorgebrachte Änderungen in den Körpern, magnetiſche und electriſche Erſcheinungen.

§. 862. I. Erwärmung durch Licht. — Daß das Sonnenlicht die Körper erwärme, und die vorzüglichſte uns bekannte Quelle der Erwärmung ſey, davon iſt bereits an einem frühern Orte (§. 717.) die Rede geweſen, wo auch der Wirkungen der Brenngläſer und Brennſpiegel iſt erwähnt worden. Doch iſt hier noch Folgendes beyzufügen nöthig:

1) Das Licht wirket nur in ſo fern erwärmend, in wie fern es ſeiner Strahlung beraubt wird, in wie fern es mithin eigentliches Licht zu ſeyn aufhört. Dieſes wird durch unzählige Erſcheinungen beſtätigt. So z. B. werden ſchwarze und dunkle Körper im Sonnenlichte heißer, als weiße und lichte. Legt man mehrere Tuchlappen von verſchiedener Farbe über Schnee im Sonnenlichte: ſo ſchmilzt der Schnee am meiſten unter denen von dunkler Farbe. Wird die Kugel

eines Thermometers geſchwärzt: ſo ſteht in ihm das Queckſilber höher als in einem andern, wenn beyde von der Sonne beſchienen werden u. d. m.

2) Die verſchieden farbigen Lichtſtrahlen haben ein verſchieden erwärmendes Vermögen, und zwar hat man das geringſte in dem violetten Lichte, das ſtärkſte in dem rothen beobachtet.

Mehrere hierher gehörige Erſcheinungen.

a) Betreffend die Erhitzung überhaupt durch Verdichtung des Sonnenlichtes mittelſt Anwendung von Brenngläſern und Brennſpiegeln. — Zu den berühmteſten Brenngläſern gehören jene, die durch Tſchirnhauſen mit vielen Koſten ſind verfertigt worden, deren eines 33 Zoll Durchmeſſer und eine Brennweite von 7 Fuß hatte. Im Brennpuncte eines ſolchen Glaſes brach hartes Holz, ſelbſt mit Waſſer befeuchtet, augenblicklich in Flammen aus; Waſſer in einem kleinen Gefäße fing an zu ſieden; Metalle ſchmolzen ſehr leicht; Schwefel, Pech und dergleichen wurden unter Waſſer flüſſig; Holz ward unter Waſſer im Innern verkohlt, welches man aber erſt deutlich bemerkte, nachdem das Holz zerſchnitten wurde ꝛc. — Die größten Wirkungen bringen Brenngläſer hervor, die aus zwey hohlen, an den Rändern verbundenen ſphäriſchen Segmenten beſtehen, und deren Höhlung mit Waſſer oder Terpentinöhl angefüllet wird. — Um die Wirkung eines großen Brennglaſes zu verſtärken, ſtellt man parallel mit ihm ein kleineres auf, von welchem die ſchon geſammelten Strahlen noch auf einen kleineren Raum zuſammengebracht werden. — Brennſpiegel äußern noch beträchtlichere Wirkungen; obgleich auch hier nicht alles auffallende Licht zurückgeworfen wird. Doch gewähren die Spiegel weniger Bequemlichkeit, weil der Brennpunct eines Spiegels zwiſchen ihm ſelbſt und der Sonne liegt.

b) Betreffend die vergrößerte Erwärmung mittelſt Verſchluckung des Lichtes durch dunkle Körper. — Darauf beruhet das Photometer von Leslie. Dieſer Apparat iſt nähmlich ſein Differenzialthermometer, deſſen eine Kugel geſchwärzt wird. Er fand mittelſt desſelben das Sonnenlicht 12000 Mahl ſtärker, als das einer Lichtkerze. Es wurde nähmlich angenommen, daß der Unterſchied der Temperaturen den Lichtſtärken proportional ſey. — Daraus, daß das Sonnenlicht um ſo mehr Wärme erregt, je mehr es ſeiner Strahlung beraubt wird, erklären ſich auch folgende Erſcheinungen. In einem Käſtchen, welches mit geſchwärztem

Korke ausgefüttert und mit einigen parallelen Glasſcheiben bedeckt war, brachte Sauſſure Waſſer zum Sieden. Eben ſo entſteht eine ſtarke Hitze in dem Raume eines ganz kleinen Glasſturzes, über welchen einige größere geſtellt werden. Ducarla nannte einen ſolchen Apparat Feuerſammler; die kleinen Stürze ſtanden über einander auf einem abgekürzten ſchwarzen Kegel.

c) Betreffend die verſchiedene Erwärmung durch verſchieden farbiges Licht. — Die erſten Verſuche darüber ſind von Herſchel (dem älteren) angeſtellt worden, welcher dazu veranlaßt wurde, weil er fand, daß manche ſtark verdunkelnden Gläſer im Teleſcope weit mehr Wärme durchließen als andere, obgleich die Menge des durchgelaſſenen Lichtes bey beyden gleich war. Er fand an den in die verſchiedenen Theile des prismatiſchen Bildes geſetzten Thermometern die Erwärmung wachſend von dem violetten Theile bis zum rothen. Ja, er beobachtete ſogar über das Roth hinaus die größte Erwärmung, und ward zu der Meinung veranlaßt, daß außer den leuchtenden Strahlen noch andere bloß wärmende von der Sonne ausſtrömen, und dieſe weniger brechbar ſeyen. — Wollaſton hat ein ringförmiges Prisma conſtruirt, und mit Hülfe desſelben beobachtet, daß, wenn das Licht dadurch gebrochen ward, der Brennpunct der wärmenden Strahlen weiter wegfiel, als der für das Auge noch wahrnehmbaren rothen (übereinſtimmend mit Herſchel). Dieſe wärmenden Strahlen brauchen übrigens keineswegs abſolut von den leuchtenden verſchieden zu ſeyn; es gibt ja beym Schalle gleichfalls einen höchſten und tiefſten wahrnehmbaren Ton, ungeachtet die nicht mehr hörbaren zu langſamen oder zu ſchnellen Schwingungen nicht abſolut von den hörbaren verſchieden ſind. — Übrigens haben ſpätere Anſteller ähnlicher Verſuche noch beobachtet, daß auch das Materiale des Prisma hier nicht ohne Einfluß ſey. So fand Seebeck bey Anwendung eines Prisma aus Flintglas die wärmſte Stelle außerhalb des rothen Theils; dagegen im Roth, wenn das Prisma aus Kronglas, zwiſchen Roth und Gelb, wenn es ein hohles, mit Waſſer, Alkohol oder Terpentinöhl gefülltes war. — Mit derley Verſuchen haben ſich auch abgegeben: Engelfield, Wünſch, Ritter, Beckmann, Berard.

Aus dieſer ungleichen Erwärmung durch verſchieden farbige Strahlen ſcheinen manche Erſcheinungen erklärt werden zu können. So z. B. erwärmt röthliches Feuer, wie das der Kohlen, bedeutend; weit weniger dagegen die bläuliche Flamme des Weingeiſtes u. d. m.

Schon vor beträchtlicher Zeit (nähmlich bereits im Jahre 1767) iſt von Weſtfeld die Meinung aufgeſtellt worden, daß das

Gefühl der verſchiedenen Farben von der verſchiedenen Erwärmung der Netzhaut abzuleiten wäre. (S. d. Erzeug. d. Farb. Gött. 1767.)

§. 863. II. Materielle, durch Einwirkung des Lichtes hervorgebrachte Änderungen. — Dergleichen ſind: 1) Änderungen an Körpern aus dem Mineralreiche. So wird z. B. das ſalzſaure und ſalpeterſaure Silber ſchwarz, wenn ſie dem Sonnenlichte ausgeſetzt werden. Das Silber fängt nähmlich an, in den metalliſchen Zuſtand zurückzukehren. Im Allgemeinen werden oxydirte Körper durch Sonnenlicht entoxydirt, wobey der Sauerſtoff als Gas erſcheint.

2) An Körpern aus den organiſchen Reichen, deren Lebensprozeß aufgehört hat. Dieſe Körper werden, den Sonnenſtrahlen ausgeſetzt, in der Regel mehr oder weniger gebleicht. So z. B. verliert die grüne Tinctur, die durch Aufgießung des Weingeiſtes über die Blätter verſchiedener Pflanzen (z. B. Kirſchen-, Feigen- oder Hollunderblätter) bereitet wird, in den Sonnenſtrahlen ſehr bald (ſchon binnen 20 Minuten) ihre grüne Farbe. — Das Bleichen der benetzten Leinwand an der Sonne iſt eine bekannte Erſcheinung. — Ebenfalls werden Knochen, Haut, Seide u. d. m. durch Einwirkung des Sonnenlichtes gebleicht.

3) An organiſchen lebenden Körpern. Die Pflanzen, die in Zimmern aufgezogen werden, ziehen ſich mehr oder weniger nach der Gegend hin, aus der ihnen die größte Menge von Licht zuſtrömt. Vorzüglich läßt ſich dieß an einem Feigenbaume, der nahe ans Fenſter geſetzt wird, beobachten; ſeine Blätter nähern ſich dem Fenſterglaſe, und drücken ſich feſt an dasſelbe an. Frey in der Erde wachſende Pflanzen richten ſich gerade in die Höhe; werden ſie niedergelegt, ſo biegen ſie ſich, und wachſen nach aufwärts. — Aus den grünen Blättern ſaftiger Pflanzen (ſo wie aus der grünen organiſchen Materie, die ſich im Waſſer erzeugt) wird durch unmittelbare Einwirkung der Sonnenſtrahlen, ja ſogar (nach den Beobachtungen des Gr. Rumford) auch durch das Licht einer größern Lampe, Le-

bensluft (Sauerſtoffgas) entbunden. — Die Pflanzen verdanken ihre Farbe vorzüglich dem Einfluſſe des Lichtes. Werden ſie an finſtern Orten gezogen: ſo ſind ſie blaß und beynahe weiß. Die Früchte ſind an der von der Sonne beſchienenen Seite auffallend gefärbter u. d. m. Aus allem dieſen ergibt ſich, daß das Licht auf den vegetabiliſchen Prozeß einen wichtigen Einfluß habe. — Eben ſo wichtig iſt der Einfluß desſelben auf den animaliſchen Körper. Wir wollen nur Einiges in Beziehung auf den Körper des Menſchen kürzlich erwähnen. Daß durch die Einwirkung des Lichtes die Haut dunkler gefärbt werde, iſt allgemein bekannt; eben ſo, daß des Lichtes Einfluß auf das Wohlbefinden des menſchlichen Körpers äußerſt wirkſam ſey, und daß es nachtheilig für die Geſundheit ſey, an finſtern Orten durch längere Zeit zu leben. Freylich iſt dieſer Einfluß zuſammengeſetzt, indem die Luft ſelbſt durch das Licht Veränderungen erleidet, die ſie dann für das Wohlbefinden darin geeigneter macht. Außer dieſem aber verurſachet das Licht ſchon in ſo fern, als es leuchtend auf unſer Auge wirkt, einen wichtigen und wohlthätigen Reiz. — Daß es übeigens auch ſchädliche Einwirkungen des Lichtes auf den menſchlichen Körper für gewiſſe Fälle geben könne, iſt gleichfalls nicht unbekannt. Wir erwähnen hier nur jener Einwirkung desſelben, welche unter dem Nahmen des Sonnenſtiches bekannt iſt.

4) Wirkungen des Lichtes auf die Atmoſphäre. Dieſe ſind mittelbarer Art, und beſtehen in Entbindung des Sauerſtoffgaſes aus den Pflanzen, Einwirkung auf den electriſchen Zuſtand der Atmoſphäre u. d. m.

Über das Schwärzen des ſalzſauren Silbers läßt ſich folgender leichte Verſuch anſtellen. Man gebe zu einer Auflöſung des Silbers in Salpeterſäure etwas Salzſäure; ſogleich erhält man einen weißen Niederſchlag. Es iſt ſalzſaures Silberoxyd oder das ſogenannte Hornſilber. Im Finſtern bleibt es unverändert, im Sonnenlichte wird es ſchnell geſchwärzt. — Ein anderes auffallendes Beyſpiel der Veränderung der Farben durch die Sonnenſtrahlen haben wir auch an dem Eiſenäther (d. i. an der Auflöſung des ſalzſauren Eiſens in Schwefeläther); denn dieſe Tinctur erhält in den Sonnenſtrah-

len eine weiße Farbe, im Schatten eine gelbe, den Sonnenſtrahlen aufs neue ausgeſetzt, wird ſie wieder weiß und ſo fort. — Der chemiſche Theil der Naturlehre liefert eine Menge dergleichen Beiſpiele von ſehr verſchiedenen durch das Licht bewirkten Änderungen.

§. 864. III. Electriſche und magnetiſche Wirkungen. Von dieſen wird an ſpäteren Orten die Rede ſeyn.

§. 865. Weſen des Lichtes. — Daß (ungeachtet der ziemlich weit fortgeſchrittenen Kenntniß der Geſetze, nach welchen das Licht ſich wirkſam erweiſet, und deren Aufſtellung und Anwendung der Gegenſtand unſerer Bemühungen in dieſem Hauptſtücke war) uns das Weſen desſelben eben ſo wenig als das der Wärme bekannt ſey, iſt bey mehreren Gelegenheiten wiederhohlt erinnert worden. Da übrigens die beyden genannten Naturthätigkeiten ſich ſo oft vereint wirkſam erweiſen: ſo ergibt ſich daraus natürlich die Frage, ob nicht vielleicht beyde ihrem Weſen nach identiſche Thätigkeiten ſind, die nur durch verſchiedene Wirkungsweiſen ſich uns offenbaren. Allerdings könnte man nämlich das Licht ſich als die ganz frey gewordene Wärme, die Wärme dagegen als das durch die Einwirkung der Körper darauf mehr oder weniger gebundene (ſeiner freyen und daher ſo äußerſt ſchnellen Bewegung beraubte) Licht vorſtellen. Wenigſtens laſſen ſich folgende Gründe dafür angeben: 1. Das Licht bringt (nach §. 862.) Wärme hervor, und zwar deſto mehr, nicht nur je mehr es verdichtet, ſondern auch je mehr es ſeiner Strahlung beraubt, mithin von den Körpern abſorbirt wird. — 2. Alle Körper beginnen zu leuchten, ſobald ihre Erwärmung auf einen gewiſſen, freylich für verſchiedene Körper verſchiedenen Grad geſteigert wird (§. 719. Nr. 5. u. Zuſ.). — 3. Die ſtrahlende Wärme befolgt die Geſetze des Lichtes, und iſt vielleicht ſchon Licht für ein Auge, welches reizbarer iſt als das menſchliche. Daß z. B. die Raubthiere bey einer Nacht ſehen, die für uns ganz finſter iſt, iſt eine bekannte Sache; für ihre Augen mögen die Wärmeſtrahlen der Körper, die (nach §. 645.) immer vorhanden ſind, ſchon als Licht wirken. — 4. Wo immer Lichterſcheinungen Statt finden, ſind ſie keineswegs, wie manchmahl angenommen wird, ganz ohne

Wärmeerſcheinungen vorhanden, ſondern ſind mit ihnen entweder verbunden, oder eine Folge, oder eine Urſache derſelben.

Manche Naturforſcher (wie z. B. Gren und Meißner), welche Wärme und Licht nicht ganz für identiſch halten, ſehen wenigſtens (unter Annahme eines Wärmeſtoffes) das Licht als etwas Zuſammengeſetztes an aus dem Wärmeſtoffe und noch einem andern Stoffe, welchen letztern Gren für einen ganz eigenartigen annimmt, Meißner aber für den Sauerſtoff hält, wie bereits gelegenheitlich iſt erinnert worden (§. 706.). Das verſchiedene Miſchungsverhältniß beyder Beſtandſtoffe könnte dann das verſchieden farbige Licht begründen. — Übrigens ſteht weder jene gänzliche noch dieſe theilweiſe Identität des Lichtes und der Wärme in einem Widerſpruche mit den hypothetiſchen Anſichten über die Fortpflanzung des Lichtes. Mit der Emanationshypotheſe ohnedieß nicht; aber auch nicht mit der Vibrationshypotheſe, denn die Erſcheinungen der Wärme könnten gleichfalls Folgen von Vibrationen ſeyn.

Manche Phyſiker indeſſen denken ſich als Urſache der Wärme und des Lichtes zwey von einander verſchiedene einfache Stoffe (Wärmeſtoff und Licht). Endlich iſt auch (von Deluc) die Meinung ausgeſprochen worden, das Licht ſey ein einfacher Stoff, der Wärmeſtoff dagegen zuſammengeſetzt aus Licht und dem Feuerſtoffe, welcher letztere an ſich nicht ausdehnſam ſey, und erſt durch ſeine Vereinigung mit dem Lichte die Ausdehnſamkeit erhalte.

Daß (wie oben iſt bemerkt worden) die Lichterſcheinungen immer entweder mit Wärmeerſcheinungen verbunden, oder eine Folge, oder eine Urſache dieſer letzteren ſind, erſieht man aus folgenden Betrachtungen. Welche Körper ſind es denn, die für ſolche gehalten werden, daß ſie ohne Wärme leuchten? — Leuchtende Thiere? Allein wer ſollte nicht wiſſen, daß der Lebensprozeß mit Wärmeentwicklung mehr oder weniger verbunden iſt? — Faulende Körper? Allein bey den Gährungen wird bekanntlich Wärme frey. — Körper, die durch Reibung leuchten? Die Reibung erregt Wärme. — Körper, die durch Erwärmung phosphoresciren? Hier kann man doch das Daſeyn der Wärme nicht läugnen. — Lichtmagnete? Dieſe verdanken aber ihr Licht entweder der Sonne oder brennenden Körpern, deren Licht

offenbar erwärmend iſt. — Der Kunkelſche (engliſche) Phosphor? Dieſer aber leuchtet nur in ſo fern, als er oxydirt, das heißt verbrannt wird. — Endlich die Himmelskörper, mit Ausnahme der Sonne? Alſo Fixſterne? Da dieſe indeſſen der Sonne ähnliche Körper ſind: ſo iſt wohl ihr Licht von dem wärmenden Sonnenlichte wahrſcheinlich nicht dem Weſen nach verſchieden, und für die ihnen nahen Weltkörper ebenfalls wärmend. — Diejenigen Himmelskörper, die uns reflectirtes Sonnenlicht zuſchicken, wie z. B. die Planeten und der Mond? Allein hier iſt offenbar die zu geringe Intenſität des reflectirten wärmenden Sonnenlichtes Schuld daran, daß die durch dasſelbe bewirkte Wärmeerregung ganz unmerklich wird. Übrigens will Howard auch in den Mondesſtrahlen Erwärmung beobachtet haben.

Als eine Haupteinwendung gegen die Identität des Lichtes und der Wärme wird an die Vertheidiger derſelben die Frage geſtellt, wo denn die Menge Wärmeſtoffes bleibe, der ſich aus dem gebundenen Sonnenlichte auf der Erde unmäßig anhäufen müßte? Dieſe Frage indeſſen findet ihre Beantwortung in der als Thatſache bekannten Wärmeſtrahlung, durch welche die Wärme von der Erde an den unendlichen Raum wieder abgegeben zu werden ſcheint. Daß die Wärmeſtrahlung beſonders in heitern wolkenloſen Nächten die Erde bedeutend abkühle, iſt bereits im §. 645. Zuſ. angeführt.

Wenn wir ſagen, die Wärme könne auch in Vibrationen beſtehen: ſo iſt dieſer Gedanke kein neuer; ſchon die Phyſiker früherer Zeiten machten ſich dieſe Vorſtellung (wie auch bereits im §. 627. erwähnt wird); eben ſo in neueren Zeiten Rumford und Davy. Manche Erſcheinungen führen geraden Weges darauf, wie z. B. die Erregung der Wärme durch Reibung, bey welcher eine eigentliche Erzeugung der Wärme Statt zu finden ſcheint, die ſich (nach §. 717. Zuſ. zu III.) aus der Anhäufung des Wärmeſtoffes nicht leicht erklären läßt. Eben ſo läßt ſich nach der gewöhnlichen Erklärungsweiſe nicht klar einſehen, wie es geſchehe, daß auch ein Körper von tieferer Temperatur an die wärmeren Umgebungen den Wärmeſtoff ausſende (was doch bey der ſtrahlenden Wärme angenommen wird). Auch ſind manche Analogien zwiſchen Wärme und Schall (der doch offenbar in Vibrationen beſteht) nicht zu verkennen, nämlich: beyde können durch Reibung erregt werden; der erwärmte Körper theilt dem nachbarlichen die Wärme mit, der ſchallende Körper bringt eben ſo die mit ihm in Verbindung ſtehenden in vibrirende Bewegung (§. 608. bis §. 620., vorzüglich §. 609. und 620.); die ganze Fortleitung des Schalles hat mit der ſtrahlenden Verbreitung der Wärme (§. 639.) nicht nur überhaupt, ſondern auch in manchem Einzelnen eine unver-

kennbare Ähnlichkeit, ſo z. B. wird er zurückgeworfen, wie die Wärme, erleidet eine Schwächung beym Übergange aus einem Mittel in ein anderes (§. 647. und gegen das Ende desſelben) u. d. m. Allerdings gibt es aber unter den Erſcheinungen der Wärme auch manche, die nach der aus Vibrationen (wenigſtens nach den bisherigen Bearbeitungen der darüber aufgeſtellten Hypotheſe) ſich nicht wohl erklären laſſen, wie z. B. die Wärmecapacität ꝛc.

Daß wir übrigens, bey dem gegenwärtigen Stande der Wiſſenſchaft, ſchüchterner als die Naturforſcher früherer Zeiten daran gehen müſſen, irgend Etwas mit Beſtimmtheit über das Weſen irgend einer Naturthätigkeit auszuſprechen, iſt eben in der fortgeſchrittenen Kenntniß der Erſcheinungen gegründet, deren große Menge ſich weit ſchwerer als die kleinere Anzahl der ehemahls bekannten einer oder der anderen Anſicht unterordnen läßt.

# Drittes Hauptſtück.

## Von den Erſcheinungen der Electricität und des Magnetismus.

## Erſter Abſchnitt.

### Von der Electricität.

§. 866. Die Körper erhalten durch Reibung (auch wohl auf andere Art, wie ſpäter gezeigt werden ſoll) das Vermögen, andere leichte Körperchen anzuziehen und abzuſtoßen, im Finſtern zu leuchten, bisweilen ein funkenähnliches, mit Kniſtern begleitetes Licht von ſich zu geben, auch auf den Sinn des Geruches zu wirken ꝛc. Alle dieſe Erſcheinungen werden von den Phyſikern electriſche genannt. Den Zuſtand der Körper, bey welchen man electriſche Erſcheinungen an ihnen wahrnimmt, auch wohl die Urſache dieſes Zuſtandes, nennt man Electricität. Ein in dieſen Zuſtand verſetzter Körper heißt electriſirt. Zu einem leichten Verſuche darüber dient eine hinlänglich große gläſerne Röhre (deren Durchmeſſer etwa 2 Zoll, und deren Länge 2 bis 3 Fuß beträgt). Man reibt ſie mit Tuch oder Leder, welches mit einem Amalgam aus Zink und Queckſilber (wovon weiter unten) beſtrichen iſt. Von dieſer Röhre werden leichte Körperchen, z. B. Federn, Papierchen, kleine Stückchen von Baumwolle, angezogen, dann abgeſtoßen, und nachdem ſie einen andern Körper (z. B. den Tiſch) berührt haben, wieder angezogen. Wird dieſe Röhre im Finſtern andern Körpern genähert: ſo gibt ſie ein funkenähnliches Licht mit kniſterndem Geräuſche von ſich; der Oberhaut genähert, bringt ſie die Empfindung hervor, als würde man von einem Spinnen=

gewebe berührt; der Naſe genähert, erregt ſie eine eigenthümliche Empfindung von Geruch.

Der Nahme Electricität wurde dem erwähnten Zuſtande der Körper darum beygelegt, weil die durch Reibung hervorgebrachten Erſcheinungen der Anziehung zuerſt am Bernſteine, welcher in der griechiſchen Sprache Elektron heißt, ſind bemerket worden.

§. 867. Erregungsarten der Electricität. — Die Erfahrung hat gelehrt, daß die Körper durch ſehr verſchiedene Behandlung in den Zuſtand der Electricität verſetzt werden, ja, daß es kaum eine Veränderung in den Körpern gibt, bei welcher nicht Electricität (entweder als Urſache oder als Wirkung) Statt fände. Die vorzüglichſten Erregungsarten ſind: Reibung, Erſchütterung, Druck, Trennung, bloße wechſelſeitige Berührung heterogener Körper, Erwärmung und Erkältung, Änderung der Aggregationsform, chemiſche Prozeſſe, der organiſche Prozeß, ein nicht hinlänglich bekannter Prozeß in den Wolken. — Wir wollen, um die vorzüglichſten electriſchen Erſcheinungen und ihre Geſetze uns bekannt zu machen, vorerſt zur Erregung der Electricität uns der Reibung bedienen.

Eine der vorzüglichſten Urſachen, wodurch Electricität im Großen in der Natur erregt wird, iſt ohne Zweifel im Sonnenlichte zu ſuchen.

§. 868. Mittheilung der Electricität. Die durch Reibung oder auf andere Art in den Körpern hervorgebrachte Electricität wird die urſprüngliche genannt. Sie kann indeſſen auch mitgetheilt werden. So z. B. iſt ein vom geriebenen Glaſe angezogenes und dann abgeſtoßenes Kügelchen ebenfalls im electriſchen Zuſtande, den es von der Glasröhre durch Mittheilung erhalten hat.

§. 869. Eintheilung der Körper in Beziehung auf Electricität. — Die Körper werden in Beziehung auf Mittheilung der Electricität und Verbreitung derſelben in drei Claſſen eingetheilt, welche folgende ſind: Nichtleichter, Leiter, Halbleiter. — Vollkommene Nichtleiter wären diejenigen, welche weder von andern Körper Electricität empfangen, noch ſelbe

andern Körpern mittheilen könnten. Dergleichen gibt es aber nicht. — Wir verſtehen unter dem Nahmen Nichtleiter ſolche, welche die Electricität ſchwer fortleiten, unter dem Nahmen Leiter aber ſolche, durch die der electriſche Zuſtand leicht verbreitet wird. Der vorzüglichſte Unterſchied zwiſchen beyden iſt folgender. Wenn ein Punct an der Oberfläche eines Leiters mit einem electriſirten Körper berührt wird, ſo wird deſſen ganze Oberfläche electriſirt; eben ſo, wenn ein electriſirter Leiter nur in einem Puncte ſeiner Oberfläche mit einem andern (mit der Erde verbundenen) Leiter in Berührung kommt, ſo verliert er er ſeine ganze Electricität. Wenn dagegen ein Nichtleiter von einem electriſirten Körper berührt wird: ſo erſcheint er nur an jener Stelle, an welcher er berührt wurde, electriſirt; eben ſo, wenn ein electriſirter Nichtleiter von einem mit der Erde verbundenen Leiter an einem Puncte berührt wird, wird er nur an dieſem Puncte ſeiner Electricität beraubt. — Halbleiter ſind endlich Körper, die als ſehr unvollkommene Nichtleiter oder Leiter betrachtet werden können. Einen Leiter mit Nichtleitern umgeben, heißt ihn iſoliren (gleichſam zur Inſel machen). Daher werden die Nichtleiter auch Iſolatoren genannt.

Die vorzüglichſten Leiter ſind: die reguliniſchen Metalle, gut gebrannte Kohle und Metallerze; auch Waſſer, Waſſerdämpfe und feuchte Subſtanzen ſowohl von vegetabiliſchen als animaliſchen Körpern werden unter die guten Leiter gezählt. Beſſer als Waſſer leiten Säuren und Auflöſungen von Salzen. — Zu den vorzüglichſten Nichtleitern gehören: trockenes Glas (beſonders wenn es erwärmt iſt), harzige Materien (z. B. Pech, Kolophonium ꝛc.), Schwefel, Wachs, Seide, Haare und Federn, dann auch im Ofen gedörrtes, ſogenanntes gebackenes Holz, alle durchſichtigen Edelſteine, trockene Metalloxyde. Endlich iſt die trockene Luft ein Nichtleiter. Dasſelbe gilt von andern trockenen Gaſen. Auch könnten, wenn die Luft ein Leiter wäre, die electriſchen Erſcheinungen in ihr nicht Statt haben. Sie wird aber ein deſto weniger guter Nichtleiter, je mehr ſie mit fremdartigen leitenden Theilchen, z. B. Waſſerdämpfen,

Staub u. d. m. verunreinigt iſt. Es iſt daher leicht einzuſehen, warum bey feuchtem Wetter electriſche Verſuche den erwünſchten Erfolg nicht zu haben pflegen. Auch leitet, wie die Erfahrung lehrt, verdünnte Luft bey weitem mehr, als wenn ſie die gewöhnliche Dichte hat. — Zu den **Halbleitern** gehören Marmor, Alabaſter, die meiſten Steine, Papier, Elfenbein u. dgl. m.

Man ſieht aus dieſen Angaben ſchon, daß jene Eintheilung der Körper nicht eine ſtrenge iſt, daß vielmehr alle Körper Leiter ſind von ſehr verſchiedenem Leitungsvermögen. Auch kann ein und derſelbe Körper für eine ſehr ſchwache Electricität ſich als Nichtleiter, für eine ſtärkere als Leiter zeigen. Oft wird auch ein ſchlechter Leiter zu einem guten, wenn er erhitzt wird; ſo z. B. leitet glühendes Glas, geſchmolzenes Wachs, heiße Luft, ſo leitet auch die Flamme (die ein glühendes Gas iſt). — Da das Waſſer ziemlich leitet: ſo iſt daraus begreiflich, warum feuchte Nichtleiter zu Leitern werden, und warum die electriſchen Apparate zum Gelingen der Verſuche trocken ſeyn müſſen. — Man hat auch gefunden, daß ſehr dünne Glasfäden ſich leitend verhalten. — Von den Mitteln, die Grade des Leitungsvermögens zu beſtimmen, kann erſt ſpäter die Rede ſeyn. Im Anhange findet man die Reſultate, welche aus derley Unterſuchungen ſich ergeben haben, in Tabellen angeführt.

§. 870. **Entgegengeſetzte Electricitäten.** Es gibt Erſcheinungen, die darauf hindeuten, daß es zweyerley Zuſtände der Electricität gebe, die in mancher Hinſicht als entgegengeſetzt angeſehen werden können; man nennet ſie daher auch **entgegengeſetzte Electricitäten.** So z. B. iſt die Electricität eines mit Wollenzeug geriebenen Glaſes in vielen Erſcheinungen ganz ähnlich der Electricität einer gleichfalls mit Wolle geriebenen Siegellackſtange. Vergleicht man ſie aber gegen einander: ſo findet man ſie einander entgegengeſetzt. Man ſieht dieſes klar in folgendem Verſuche. Ein an einem Seidenfaden hängendes Hollundermarkkügelchen wird von einer auf erwähnte Art geriebenen Glasröhre angezogen, dann aber (nachdem es nähmlich mit dem Glaſe in Berührung gekommen iſt) abgeſtoßen. Nun nähere man dasſelbe Kügelchen einer geriebenen Sigellackſtange, ſo wird es von dieſer angezogen. Man ſieht hier ſchon einen Gegenſatz. — Hat jetzt das Kügelchen die Siegellackſtange

berührt: ſo wird es von ihr abgeſtoßen, in dieſem Zuſtande aber von der Glasröhre angezogen. In dem Zuſtande alſo, in welchem es von dem geriebenen Glaſe abgeſtoßen wird, wird es von dem geriebenen Harze angezogen und umgekehrt. — Noch deutlicher vielleicht zeigen ſich jene entgegengeſetzten Zuſtände in folgenden Erſcheinungen. Man electriſire zwey an Seidenfäden hängende Kügelchen, beyde entweder durch das geriebene Glas oder durch den geriebenen harzigen Körper, nähere ſie einander, ſie werden ſich gegenſeitig abſtoßen. Wenn aber das eine von ihnen durch das geriebene Glas, das andere aber durch den geriebenen harzigen Körper electriſirt worden iſt: wird eines von dem andern angezogen, d. h. ſie ſtreben ſich einander zu nähern. Haben ſie einander berührt: ſo zeigt ſich ferner keines von beyden electriſirt, vorausgeſetzt, daß früher beyde gleich ſtark electriſirt waren.

Den electriſchen Zuſtand, welcher an dem durch Wolle geriebenen Glaſe ſich äußert, nannte man ehemahls Glas-Electricität; jenen aber, welcher an dem auf dieſelbe Art geriebenen Harze erſcheint, Harz-Electricität. Man war nähmlich der Meinung, daß einem jeden dieſer Körper eine eigenthümliche Electricität zukomme. Genauere Beobachtungen haben aber gelehrt, daß ſich in jedem Körper die eine ſowohl als die andere erregen laſſe, und daß der beſtimmte Zuſtand der Electricität nicht bloß davon abhänge, was für ein Körper gerieben werde, ſondern auch davon, was für eines andern Körpers man ſich als Reibzeuges bediene. So z. B. bekommt Glas, wenn es mit einem Katzenfelle gerieben wird, dieſelbe Electrität, die, nach der oben erwähnten Beſtimmung, Harz-Electricität genannt wird, und umgekehrt, dem Harze wird durch Reibung mit einem metalliſchen Amalgam diejenige ertheilt, welche oben Glas-Electricität genannt worden iſt. So haben auch Verſuche gelehrt, daß, wenn zwey heterogene Körper mit einander gerieben werden, immer beyde electriſirt erſcheinen, aber ſo, daß die Electricität des einen der Electricität des andern entgegengeſetzt iſt. Eben dieſes Gegenſatzes wegen nennt man die eine die poſitive, die andere die negative, und zwar bezeichnet man mit dem erſten Nahmen die ehemahls ſogenannte Glas-

Electricität, mit dem andern die Harz-Electricität. Noch bequemer kann auch jene durch das Zeichen + E, dieſe durch das Zeichen — E ausgedrückt werden. Den Zuſtand eines Körpers, der keine electriſchen Erſcheinungen zeigt, bezeichnet man mit ± E oder o E. Von noch mehreren Erſcheinungen, aus welchen ſich der Gegenſatz von + E und — E offenbart, wird bey der Electriſirmaſchine die Rede ſeyn.

Übrigens iſt kein allgemeines Geſetz bekannt, nach welchem ſich ergäbe, welcher aus zwey wechſelſeitig ſich reibenden Körpern + E erhalte, und welcher — E. Außer der Beſchaffenheit der Körper haben auch Nebenumſtände Einfluß darauf, als: die Beſchaffenheit der Oberfläche (Rauhheit oder Glätte), die Temperatur, die Stärke der Reibung. Es können nähmlich ſelbſt gleichartige Körper durch Reibung an einander electriſirt werden, dann bekommt derjenige, der eine größere Reibung erleidet, — E, der andere + E. Daher pflegt von zwey übrigens gleichartigen Körpern der rauhere — E zu erhalten, der glattere dagegen + E. Auch, wenn ein ſeidenes Band über ein anderes gezogen wird, ſo, daß ihre Richtungen unter einem rechten Winkel ſich ſchneiden, wird jenes, welches nach der Quere gerieben wurde, die negative Electricität zeigen, das andere die poſitive; von jenem wird ein kleinerer Theil, aber mehr gerieben.

Wenn zwey Körper aus den folgenden Reihen an einander gerieben werden: ſo erhält jeder frühere + E, jeder ſpäter geſetzte — E. 1) Reihe für ſchlechte Leiter: Katzenfell, polirtes Glas, Wollenzeug, Federn, Holz, Papier, Seide, Schellack, mattes Glas. 2) Reihe für Metalle (nach Becquerel): Antimon, Arſenik, Kadmium, Eiſen, Zink, Gold, Silber, Kupfer, Zinn, Bley, Platin, Kobalt, Nickel, Wismuth.

Die Ausdrücke: poſitive und negative Electricität ſind zuerſt von dem berühmten Franklin gebraucht worden. Er hat dieſe Benennungen gewählt, weil ſie ſeiner Hypotheſe (von welcher wir ſogleich ſprechen werden) anpaſſend waren. Aber auch ohne auf irgend eine Hypotheſe Rückſicht zu nehmen, kann man ſich derſelben bedienen. So bezeichnen die Mathematiker gleichfalls alle entgegengeſetzten Größen durch die Zeichen + und —, und es iſt an ſich gleichgültig, welcher von denſelben der Nahme poſitiv, und welcher der Nahme negativ beygelegt werde.

§. 871. Hypotheſen. Zum Behufe der Erklärung der electriſchen Erſcheinungen, oder wenigſtens zur Verſinn-

lichung deſſen, was dabey vorgehet, wird von der Mehrzahl der Phyſiker eine eigene Materie angenommen. Man nennet ſie den Electricitätsſtoff oder die electriſche Materie. In der nähern Beſtimmung derſelben aber theilen ſich die Vorſtellungsweiſen. Manche nähmlich glauben zu dieſem Behufe mit einem Electricitätsſtoffe auszureichen; Andere dagegen nehmen zwey dergleichen an. Man nennet jene die Unitarier, dieſe die Dualiſten.

I. Die Hypotheſe der Unitarier beſteht hauptſächlich in folgenden Sätzen: 1) Es gibt nur eine electriſche Materie; ſie iſt äußerſt fein (d. h. ihre Dichte iſt äußerſt gering), ſie iſt ſehr ausdehnſam (d. h. ihre Theile äußern ſehr große Repulſivkräfte gegen einander), iſt unwägbar. — 2) Sie wird von allen Körpern angezogen, vereinigt ſich mit denſelben, und wird ſo ihrer Ausdehnſamkeit beraubt. Sie befindet ſich in allen Körpern. — 3) Jeder Körper vermag nur eine gewiſſe Menge derſelben (welche ſeiner Capacität für ſie proportionirt iſt) durch Anziehung an ſich zu halten, wie z. B. eine gewiſſe Menge Waſſers nur eine gewiſſe Menge von Salz aufzulöſen im Stande iſt. Hat nun ein Körper dieſe beſtimmte Menge des Electricitätsſtoffes mit ſich vereint (iſt er nähmlich mit dieſem Stoffe gleichſam geſättigt): ſo zeigt er keine electriſche Erſcheinung; und man ſagt von ihm, er ſey im natürlichen Zuſtande der Electricität, eigentlich im Stande der electriſchen Neutralität oder der electriſchen Indifferenz; die elektriſche Flüſſigkeit iſt gebunden. Wenn er aber (mag dieß nun wodurch immer bewirket worden ſeyn) entweder eine größere oder kleinere Menge dieſes Stoffes hat, als zum Zuſtande der Indifferenz erfordert wird: ſo zeigen ſich electriſche Erſcheinungen; der Körper wird electriſirt genannt, und zwar im erſten Falle poſitiv oder durch Überfluß, im zweyten negativ oder durch Mangel. — 4) Electriſirt wird alſo ein Körper, entweder wenn ihm, da er im Zuſtande der Indifferenz iſt, noch ein Theil der electriſchen Materie mitgetheilt wird (die dann nicht mehr gebunden iſt); oder wenn ihm ein Theil derſelben entzogen wird; oder endlich, wenn bewirkt wird, daß die im Körper gleichförmig ausgetheilte electriſche Materie gegen eine Seite

ſich anhäuft, ſo, daß in dem einen Theile des Körpers Überfluß entſteht, Mangel in dem andern. Es erhellet von ſelbſt, daß (nach dieſer Anſicht) die electriſchen Erſcheinungen, wenn ein Körper poſitiv electriſirt iſt, darauf ſich gründen, daß die electriſche Materie in dieſem Falle in andere Körper überzugehen ſtrebt; wenn aber ein Körper negativ electriſirt iſt, darauf, daß jetzt der Körper das Beſtreben hat, aus andern Körpern die electriſche Materie an ſich zu reißen.

II Die vorzüglichſten Sätze der Hypotheſe der Dualiſten ſind folgende: 1) Die electriſche Materie, die in allen Körpern während des unelectriſirten Zuſtandes derſelben vorhanden iſt, iſt zerſetzbar in zwey Stoffe, die einander einiger Maßen entgegengeſetzt ſind. Man nennet den einen den poſitiven, den andern den negativen (welcher Nahme keine Negation, ſondern nur einen Gegenſatz ausdrückt). Der Kürze wegen kann man dieſe Stoffe ſelbſt auch + E und — E, und die unzerſetzte electriſche Materie ± E oder o E nennen. Nur muß man hierbey nie vergeſſen, daß in der Sprache dieſer Hypotheſe jene Ausdrücke materielle Weſen bedeuten, und nicht, wie in der Bezeichnung der Thatſachen (§. 870.), bloß Zuſtände der Körper. 2) Beyde Stoffe ſind (abgeſondert von einander) ausdehnſam (d. i. die eigenen Theile eines jeden ſtoßen einander ab), ſehr fein (d. i. von ſehr geringer Dichte), und unwägbar. Beyde ziehen einander gegenſeitig an, verbinden ſich, wenn kein Hinderniß obwaltet, und verlieren, wenn ſie vereint ſind, ihre Ausdehnſamkeit. 3) Sind daher in einem Körper beyde Materien im gehörigen Verhältniſſe vorhanden: ſo haben keine electriſchen Erſcheinungen Statt; man ſagt dann, der Körper befinde ſich im natürlichen Electricitätszuſtande, oder in dem der electriſchen Indifferenz. Wenn aber (wodurch dieß nun immer geſchehe) eine von beyden abgeſondert erſcheint (wenn der zuſammengeſetzte Electricitätsſtoff iſt zerſetzet worden): ſo treten ſogleich electriſche Erſcheinungen hervor; es zeigt ſich nähmlich der poſitive Stoff wirkſam, oder der negative. Im erſten Falle nennet man den Körper poſitiv, im zweyten aber negativ electriſirt. 4) Poſitiv wird alſo ein Körper electriſirt, wenn ihm

etwas vom freyen poſitiven Beſtandtheil des Electricitätsſtoffes mitgetheilt wird, oder wenn ſein natürlicher Electricitätsſtoff zerſetzt und etwas vom negativen Beſtandtheil ihm entzogen wird. Negativ electriſirt wird ein Körper auf die entgegengeſetzte Weiſe. Dann wird auch ein Körper electriſirt, wenn bewirkt wird, daß in einem Theile desſelben der poſitive Beſtandtheil der electriſchen Materie, in dem andern aber der negative ſich anhäufe.

Bedient man ſich dieſer Hypotheſen bloß als eines Verſinnlichungsmittels: ſo iſt es wohl gleichgültig, welche derſelben man dazu wählen mag, indem beyde ſich faſt allen Erſcheinungen der Electricität gut anpaſſen laſſen. Doch gibt die dualiſtiſche Vorſtellungsweiſe für manche Fälle einen bequemeren Ausdruck. — Wäre man indeſſen über das wirkliche Vorhandenſeyn einer oder zweyer electriſcher Materien auch vollkommen im Reinen: ſo bliebe immer noch die Frage übrig, ob ein derley Electricitätsſtoff ein ganz eigenartiger ſey, oder vielleicht irgend ein ſchon bekannter, oder aus andern bereits bekannten Stoffen zuſammengeſetzter. Auch darüber ſind mehrere und mitunter ſehr ſcharfſinnige Meinungen und Vermuthungen von den Naturforſchern ausgeſprochen worden. Von dieſen kann aber erſt nach der Betrachtung der electriſchen Erſcheinungen die Rede ſeyn, indem ſich jede derley Vermuthung nur auf die früher bekannten Erſcheinungen gründen muß.

§. 872. Mag übrigens die Urſache der electriſchen Erſcheinungen in was immer gegründet ſeyn: ſo iſt man, ſehr vielen Thatſachen zu Folge, für jeden Fall genöthigt, den Erdball als eine unerſchöpfliche Quelle von Electricität anzuſehen. Sind alſo jene Erſcheinungen die Wirkungen eines (übrigens einfachen oder zerſetzbaren) Electricitätsſtoffes: ſo iſt der Erdkörper das große Behältniß desſelben, aus dem er in beliebiger Menge gewonnen werden kann, und wohin er aus den electriſirten Körpern wieder zurückſtrömt, wenn ſie mit dem Erdkörper leitend verbunden werden.

§. 873. Electriſche Spannung, electriſche Atmoſphäre, electriſcher Strom. Durch dieſe Ausdrücke ſollen künftighin reine Thatſachen ohne Beziehung auf irgend eine Hypotheſe bezeichnet werden. Ein electriſirter Körper kann nähmlich (nach §. 866. u. 870.) auf einen andern ihm genäherten anziehend wirken, ohne ihm von ſeiner Electricität etwas mitzutheilen; man ſagt dann, der ſo ſich wirkſam erweiſende Körper habe eine electriſche Spannung, die von verſchiedener Größe ſeyn kann. Die Entfernung, bis zu welcher jene Anziehung rings herum ſich wirkſam zeigt, nennt man den electriſchen Wirkungskreis oder die electriſche Atmoſphäre. — Theilt aber ein electriſirter Körper einem andern ſeine Electricität mit; geht mithin diejenige Thätigkeit, die wir die electriſche nennen (mögen wir übrigens von ihrem Weſen was immer für eine Vorſtellung uns machen), von einem Körper auf einen andern über: ſo nennet man dieſen Übergang einen electriſchen Strom. Ein ſolcher kann von einer ſo kurzen Zeitdauer ſeyn, daß dieſe für uns nicht wahrnehmbar iſt, in welchem Falle er augenblicklich oder momentan heißt; oder er kann eine kürzere oder längere Zeit hindurch Statt finden, und wird dann ein dauernder genannt. Von beyden werden wir Beyſpiele kennen lernen. Auch die Fortleitung der electriſchen Thätigkeit von einem Theilchen desſelben Körpers auf das andere iſt ein electriſcher Strom. — Dieſe Ausdrücke von thatſächlichen electriſchen Wirkungen laſſen ſich ohne Schwierigkeit nach Belieben in die Sprache der einen oder andern Hypotheſe übertragen, nur muß man überall ſtatt des Wortes Electricität (wodurch bloß die wirkſam ſich zeigende, übrigens unbekannte Naturthätigkeit bezeichnet wird) das Wort electriſche Materie ſetzen; auch iſt in Beziehung auf die dualiſtiſche Hypotheſe nicht zu vergeſſen, daß man es hier mit zwey electriſchen Materien zu thun habe.

Nach der Hypotheſe der Unitarier iſt der electriſche Wirkungskreis eines poſitiv electriſirten Körpers der Raum um dieſen, in welchem die an demſelben mehr oder weniger verdichtete electriſche Materie ſich noch merklich wirkſam zeiget; der Wir-

kungskreis des negativ electriſirten aber der Raum, in welchem dieſer Körper die electriſche Materie der Umgebungen noch merklich anzieht. Nach der dualiſtiſchen Hypotheſe iſt der electriſche Wirkungskreis der Raum um den electriſirten Körper, in welchem die an demſelben mehr oder minder angehäufte (freye) poſitiv- oder negativ-electriſche Materie ſich wirkſam zeiget. — Die Stärke dieſer Wirkungen (oder die Spannung) wird natürlicher Weiſe nach den Unitariern abhängen von der Größe des Überfluſſes oder des Mangels an electriſcher Materie, nach der dualiſtiſchen Vorſtellung aber von der größern oder geringern Anhäufung einer oder der andern aus beyden Materien. — Ein electriſcher Strom endlich findet nach der erſten Hypotheſe Statt, wenn die electriſche Materie aus einem Körper A, in welchem ſie angehäuft iſt, auf einen andern Körper B ſich begibt, der daran relativen Mangel hat. Nach der dualiſtiſchen Vorſtellungsweiſe aber haben in dieſem Falle zwey Strömungen Statt, die der freyen poſitiven Flüſſigkeit von A nach B, die der negativen von B nach A; beyde Flüſſigkeiten verbinden ſich und neutraliſiren einander (heben ihre Wirkſamkeit auf), vorausgeſetzt, daß ihre verhältnißmäßigen Mengen diejenigen ſind, wie ſie zur wechſelſeitigen vollkommenen Bindung erfordert werden.

§. 874. Wir werden nun, um die Überſicht und Zuſammenfaſſung der äußerſt mannigfaltigen electriſchen Erſcheinungen möglichſt zu erleichtern, ſie nach folgender Ordnung betrachten, wie dieſelben an Körpern ſich offenbaren, welche 1) durch Reibung, 2) welche durch wechſelſeitige Berührung, und 3) welche durch die andern (im §. 867. angegebenen) Methoden in den Zuſtand der Electricität ſind verſetzet worden.

---

## A. Erſcheinungen und Geſetze der durch Reibung bewirkten Electricität.

---

### Die Electriſirmaſchine und die vorzüglichſten mittelſt derſelben bewirkten Erſcheinungen.

§. 875. Derjenige Apparat, deſſen man ſich bedient, um bedeutende Grade der Electricität durch Reibung zu bewirken, wird vorzugsweiſe die Electriſirmaſchine genannt. Die weſent-

lichſten Theile derſelben ſind folgende: 1) Ein Nichtleiter, der ſo bewegt werden kann, daß er an einem guten Leiter ſich reibe. Man nennet ihn den Reiber. Bey den jetzt gebräuchlichen Maſchinen bedient man ſich dazu beynahe allgemein einer Scheibe von hartem und glattem Glaſe, durch deren Mittelpunct eine Achſe angebracht iſt, um ſie mittelſt einer Kurbel um dieſen Mittelpunct zu drehen. 2) Ein als Reibzeug dienender Leiter, der an den beweglichen Nichtleiter (z. B. an die Glasſcheibe) auf irgend eine Weiſe angedrückt wird. Bey Scheibenmaſchinen bedient man ſich, als Reibzeuges, mit Leder überzogener Kiſſen, welche mit einem metalliſchen Amalgam beſtrichen, und gewöhnlich mittelſt elaſtiſcher Federn an die Scheibe angedrückt werden. Das Reibzeug an einer vollkommenen Maſchine ſoll iſolirt werden können. Daher ſtellt man es auf Glasfüße, und macht einen Theil der Achſe an der Kurbel von Glas. 3) Ein iſolirter Leiter, der dazu dient, die an der Oberfläche des geriebenen Nichtleiters (z. B. der Scheibe) erregte Electricität aufzunehmen. Man nennt dieſen Theil vorzugsweiſe den Leiter oder Conductor, auch erſten Leiter. Bey den gebräuchlichſten Maſchinen iſt der Conductor ein Cylinder aus Metallblech, oder wenigſtens mit einer metalliſchen Materie (z. B. mit Staniol) überzogen, und (um iſolirt zu ſeyn) auf gläſerne Füße geſtellt. Dieſer Conductor pflegt an jenem Theile, der dem Glaſe am nächſten iſt, entweder mit einer Schneide oder mit Spitzen verſehen zu ſeyn, ſeine übrige Oberfläche muß dagegen ſo viel möglich rund gemacht werden. Man kann auch dem Reibzeuge einen eigenen Conductor geben. — Die Anwendung und Verbindung aller dieſer Theile gründet ſich darauf, daß bey der Reibung zweyer heterogener Körper der eine immer +E erhalte, der andere —E (§. 870.), daß die Electricität über die ganze Oberfläche eines Leiters ſich verbreite und er augenblicklich ſeine Electricität abgebe, wenn auch nur ein Punct desſelben leitend mit der Erde verbunden wird (§. 869.), daß (wie ſpäter gezeigt werden ſoll) die Mittheilung der Electricität am leichteſten durch Spitzen vor ſich gehe, und daß, wo der Übergang mittelſt eines Nichtleiters gehindert wird, jedes +E in ſeiner Nähe ein —E

hervorrufe und umgekehrt, wie gleichfalls erſt ſpäter wird dargethan werden.

Die Zeichn. 362. iſt eine Abbildung einer ganz einfachen Glasſcheibenmaſchine. G iſt die Glasſcheibe, die mittelſt der Kurbel k um ihre Achſe a a gedreht wird. Dieſe Achſe wird von dem Geſtelle b b getragen, woran auch die Kiſſen r, r angebracht ſind, an welchen ſich die gedrehte Glasſcheibe reibt. Die Streifen w und w′ ſtellen Stücke von Wachstaffet vor, welche dazu dienen, die durch Reibung erregte Electricität zuſammenzuhalten, bis die geriebene Stelle den Sauger des Conductors erreicht. Die Glasfüße i i i i dienen, das ganze Geſtelle zu iſoliren. Auch die Achſe muß in m einen Theil von Glas haben. A iſt der auf einem Glasfuße f iſolirte Conductor mit zwey Armen c s und c s. Dieſe Arme haben in s und s kleine Halbcylinder (Sauger), welche gegen das Glas zu in Schneiden oder Spitzen auszugehen pflegen. B iſt ein zweyter kleiner Conductor, der für das Reibzeug gehört. Gewöhnlich verbindet man ihn leitend mit dem Erdboden durch die Kette v. E iſt ein Electroſcop.

Die größte Electriſirmaſchine mit zwey Scheiben war noch vor wenigen Jahren die im Teyler'ſchen Muſeum zu Haarlem befindliche; jede ihrer Scheiben hat einen Durchmeſſer von 65 Zoll engl. Maßes. Größer iſt nun die im phyſikaliſchen Cabinete des polytechniſchen Inſtitutes in Wien befindliche. Sie hat ebenfalls zwey Scheiben, jede von dem Durchmeſſer von 64 Wiener Zoll, welche nahe $66^4/_{10}$ engl. Zoll betragen.

Die Electriſirmaſchine kann auch auf eine andere Art eingerichtet ſeyn. So z. B. kann man ſtatt der Glasſcheibe auch eines Glascylinders oder einer Glasglocke ſich bedienen. Das Reibkiſſen einer Cylindermaſchine muß concav ſeyn. An den älteſten Electriſirmaſchinen hatte der Reiber die Geſtalt einer Kugel. Doch iſt die cylindriſche Geſtalt offenbar beſſer; bey ihr kann der Polſter genauer angedrückt werden. — Übrigens ſoll ſowohl die Kugel als der Cylinder einer ſolchen Maſchine an irgend einem Orte eine kleine Öffnung haben, damit die innere Luft, welche durch die Reibung des Glaſes bedeutend erwärmt wird, und ſich daher ausdehnt, heraustreten könne. Man überzieht ſie auch inwendig mit einer harzigen Subſtanz. — Außer dem Glaſe hat man noch andere Materien zu Electriſirmaſchinen angewendet, als: mit Firniß überzogenes Holz, wollenes und ſeidenes Gewebe ꝛc.

Das beſte Amalgam für die Reibung des Glaſes wird hergeſtellt aus Zinn, Zink, Queckſilber in dem Verhältniſſe wie 1 : 1 : 2 oder wie 2 : 3 : 4. Der Zink wird geſchmolzen, wohl gereinigt, mit

geſchmolzenem Zinn vereinigt, beydes in eine hölzerne Büchſe gethan, das Queckſilber zugegoſſen, in der verſchloſſenen Büchſe Alles geſchüttelt, endlich fein pulveriſirt.

§. 876. Die wichtigſten mittelſt der Electriſirmaſchine bewirkten Erſcheinungen.

A. Bey Anwendung bloß eines Conductors, z. B. des der Scheibe, in welchem Falle das Reibzeug mit der Erde leitend verbunden wird: 1) Die Anziehung zwiſchen electriſirten und nicht electriſirten Körpern, und die Abſtoßung zwiſchen zwey Körpern, die denſelben Zuſtand der Electricität haben. Ein Korkkügelchen, an einem Seidenfaden aufgehangen, wenn man es dem electriſirten Conductor nähert, wird von demſelben zuerſt angezogen, dann aber, ſobald es durch Mittheilung iſt electriſirt worden, abgeſtoßen. In dieſem Zuſtande, indem es vom Conductor abgeſtoßen wird, wird es von andern nicht electriſirten Körpern angezogen. So bewegen leichte Körperchen, wenn ſie zwiſchen den electriſirten Conductor und einen nicht electriſirten Körper gebracht werden, ſich hin und her (ſie oſcilliren zwiſchen beyden Körpern) ſo lange, bis der Conductor aller Electricität beraubt iſt. Ein ſolches Kügelchen iſt gleichſam ein Bothe, welcher ankommend, fortgehend und wieder zurückkehrend, dem electriſirten Körper (durch oft wiederhohlte Berührungen) ſeine ganze Electricität nimmt, und ſelbe an andere Körper überträgt. — Es muß im Vorbeygehen angemerkt werden, daß ein nicht electriſirter Körper, durch bloße Annäherung zu einem electriſirten den entgegengeſetzten Zuſtand der Electricität erhält, und demnach nur ſcheinbar nicht electriſirt iſt; dieſes wird indeſſen erſt in der Folge deutlich werden. 2) Das electriſche Licht, welches an jeder Spitze erſcheint, welche entweder an dem electriſirten Conductor ſich befindet, oder dieſem genähert wird. 3) Der electriſche Wind. Wenn nähmlich dem an jenen Spitzen erſcheinenden Lichte ein unbedeckter Theil des menſchlichen Körpers genähert wird: ſo empfindet man an dieſem Theile das Blaſen eines Luftſtromes. 4) Die electri-

ſchen Funken, nähmlich ein funkenähnliches Licht, welches erſcheint, ſo oft dem electriſirten Conductor ein leitender Körper mit rundlicher Oberfläche (z. B. eine metallene Kugel oder der Knöchel eines Fingers) genähert wird. Dieſe Funken können auch leicht entzündliche Körper (z. B. Hydrogengas, Schwefeläther, Weingeiſt, vorzüglich erwärmten) anzünden. — Ein aus dem Conductor einer größern Maſchine gelockter Funke iſt oft mehrere Zoll lang, und machet einen gezackten Weg, vermuthlich weil er die Luft vor ſich verdichtet, und eben darum das Hinderniß in der Richtung ſeines Weges größer iſt, er mithin eine andere Richtung nimmt und von dieſer aus demſelben Grunde wieder abweicht. Auch zeiget er im Finſtern Zweige und Äſte. Die Zeichn. 363. gibt die Geſtalt eines electriſchen Funkens, wie er am Conductor der im phyſikaliſchen Cabinette des polytechniſchen Inſtitutes befindlichen großen Electriſirmaſchine im Finſtern ſich zeigt. 5) Die Wirkungen auf mehrere Sinne; denn der electriſche Funke erſcheint nicht nur dem Auge, ſondern ſein Durchgang durch die Luft wird auch von einem Geräuſche begleitet, und, wenn er von irgend einem Theile des menſchlichen Körpers aufgefangen wird, verurſacht er eine Erſchütterung, die nach Verſchiedenheit der Maſchine ſtärker oder ſchwächer iſt. Auch wird die verkehrte Hand, dem geriebenen Glaſe genähert, auf dieſelbe Art afficirt, als wenn man in ein Spinnengewebe griffe. Des electriſchen Windes haben wir ſchon erwähnt. Ferner verſpürt man in der Nähe der in Thätigkeit geſetzten Electriſirmaſchine einen eigenartigen Geruch. 6) Wenn ein Menſch, auf einem Iſolirſchämel ſich befindend, mit dem electriſirten Conductor in Verbindung ſteht: ſo iſt er ein Theil des Conductors; alle Erſcheinungen alſo, welche an einem electriſirten Conductor ſich wahrnehmen laſſen, können auch an ihm beobachtet werden, nähmlich: leichte Körperchen werden von demſelben angezogen und abgeſtoßen; Funken fahren gegen genäherte Körper aus, die, wenn ſie leicht entzündlich ſind, angezündet werden (wie z. B. Äther) u. d. m. Von einem ſolchen ſagt man, er ſey im electriſchen Bade. Übrigens hat derſelbe keine beſondere Empfindung, außer wenn ihm ein Leiter genähert wird.

Wird das Electriſiren länger fortgeſetzt, ſo fängt er an, Wärme zu verſpüren. — Alle angegebenen Erſcheinungen werden auch erhalten, wenn man den Conductor der Scheibe leitend mit der Erde verbindet, und den Conductor des ſolirten Reibzeuges zu dem wirkſamen macht.

B. Bey gegenſeitiger Anwendung beyder Conductoren (in welchem Falle die ganze Maſchine iſolirt ſeyn muß). In dieſem Falle zeigen beyde Conductoren Electricität, und zwar der Conductor der Scheibe + E, der des Reibzeuges — E. Hierbey läßt ſich der Unterſchied der entgegengeſetzten Electricitäten noch auffallender zeigen, als mittelſt der im §. 870. angegebenen Verſuche, und zwar durch folgende Erſcheinungen: 1) Ein leichter iſolirter Körper (z. B. ein Korkkügelchen), nachdem er vom Conductor A (ſo wollen wir den Conductor des Glaſes nennen) angezogen, und durch Mittheilung iſt electriſirt worden, wird nun abgeſtoßen; angezogen wird er aber in dieſem Zuſtande vom Conductor B (nähmlich dem des Reibzeuges); und umgekehrt. 2) Die Funken, welche erſcheinen, wenn ein mit dem Conductor B verbundener leitender Körper in die Nähe des Conductors A gebracht wird, ſind bedeutend ſtärker als jene, welche entweder aus dem einen oder dem andern Conductor auf früher nicht electriſirte Körper überſpringen, immer vorausgeſetzt, daß auch das Reibzeug iſolirt ſey. 3) An einer am Conductor A angebrachten Spitze bemerkt man im Finſtern (ſo lange electriſirt wird) ein Licht von kegelförmiger Geſtalt; an einer auf den Conductor B geſetzten Spitze ſieht man dagegen einen leuchtenden Punct. 4) Wird die glatte Ebene eines harzigen Körpers von einem durch den Conductor A electriſirten Körper berührt, und die Stelle der Berührung mit Schwefelblumen beſtreut: ſo erſcheint an dieſer Stelle eine Figur, aus deren Mittelpuncte Strahlen auszugehen ſcheinen (Zeichn. 364.). Schreibt man mit einem ſo electriſirten Körper Linien, Buchſtaben ꝛc.: ſo erſcheint die ganze gezeichnete Linie ſtrahlig. Wenn dasſelbe durch einen vom Conductor B electriſirten Körper geſchieht, und die Stelle mit gepulvertem Mennig beſtreut wird: ſo erſcheinen die Figuren von rundlicher Geſtalt ohne Strahlen (wie in

Zeichn. 365.). Noch auffallender wird die Erſcheinung, wenn an einer und derſelben harzigen Fläche eine Stelle auf die angezeigte Art poſitiv, eine andere, nicht allzu nahe, negativ electriſirt wird, und beyde dann mit einem aus Schwefelblumen und Mennig gemengten Pulver beſtreut werden. Der Schwefel nähmlich erhält, durch Reibung und auch wohl fallend durch die Luft, — E, der Mennig aber + E; mithin ſammelt ſich jener an der erſten, der zweyte an der letztern Stelle, und beyde Zeichnungen erſcheinen zugleich.

Auf der electriſchen Anziehung und Abſtoßung beruhen viele electriſche Spielereyen, dergleichen man ehemahls unzählige ſich ausgedacht hatte, die aber keinen wiſſenſchaftlichen Werth haben. Einige ſollen indeſſen kurz angeführt werden, als: 1) Der Tanz der Kügelchen aus Hollundermark, wenn über ſie ein gläſerner Becher (der an ſeiner innern Fläche mittelſt einer mit dem Conductor verbundenen Spitze iſt electriſirt worden) umgeſtürzt geſetzt wird, wie dieſes die Zeichn. 366. zeigt. 2) Das electriſche Glockenſpiel. Neben der Glocke A (Zeichn. 367.), die mit dem Conductor C der Maſchine verbunden iſt, hängt eine andere Glocke B an einem ſeidenen Faden und mittelſt einer Metallkette mit dem Boden verbunden; zwiſchen beyden Glocken hängt an einem ſeidenen Faden eine kleine metallene Kugel K. Dieſe Kugel oſcillirt (ſo lange electriſirt wird) zwiſchen beyden Glocken, und ſo klingen denn die letztern. 3) Der electriſche Puppentanz. Zwiſchen zwey metallenen Scheiben, von denen die obere mit dem Conductor, die untere mit der Erde verbunden iſt, bewegt eine leichte (etwa aus Hollundermark verfertigte) Puppe ſich auf und nieder. — Dieſem ähnlich iſt der ſogenannte goldene Hagel, den man auf dieſelbe Art erhält, wenn man ſtatt der Puppe kleine vergoldete Körperchen nimmt (z. B. Kügelchen aus Hollundermark).

Die electriſchen Funken pflegen um ſo größer zu ſeyn, je länger der Conductor iſt. — Wo immer eine Unterbrechung eines Leiters durch einen Nichtleiter ſich befindet, dort erſcheint ein ſolcher Funke. Davon wurden ebenfalls verſchiedene Anwendungen auf Beluſtigung erdacht. So z. B. wenn auf Glas kleine Stanniolblättchen ſo angebracht werden, daß zwiſchen den einzelnen Blättchen Unterbrechungen entſtehen, und wenn eine ſolche Blättchenreihe einen electriſchen Funken erhält: ſo erſcheint an jeder unterbrochenen Stelle electriſches Licht, und die Lage der einzelnen Funken bringt leuchtende Figuren hervor. — Am leichteſten erhält man dieſe, wenn ein

ſolches Glas (wie in der Zeichn. 368.) mit Stanniolſtreifen überzogen, und dann die gewünſchte Figur durch Einſchnitte in dieſe Metallſtreifen gezeichnet wird (wie z. B. das Wort Licht). Die an den unterbrochenen Stellen erhaltenen Funken ſind nach Verſchiedenheit des Metalles, womit das Glas überzogen iſt, auch verſchieden gefärbt. Wenn Gold genommen wird, ſind die Funken violett; bey Silber grün, bey Zinn gelb.

Die oben erwähnten Figuren kann man ſehr leicht und ſchön erhalten, wenn man auf die Oberfläche eines harzigen Körpers eine größere oder auch ganz kleine Glocke (z. B. einen Fingerhut) ſetzt, und ſie entweder poſitiv oder negativ electriſirt. — Zuerſt wurden dieſe Figuren von Lichtenberg beobachtet, daher ſie auch den Nahmen Lichtenbergiſche erhalten haben. — Ein intereſſanter, von Eynard angegebener Verſuch iſt folgender. Man ſchreibe auf einen Schellackkuchen mit Metall, und auf einer entfernten Stelle mit Elfenbein, und beſtreue beyde Stellen mit jenem gemengten Pulver; an der erſten Stelle ſammelt ſich der Schwefel, an der zweyten der Mennig. Jene Stelle erhält alſo + E, dieſe — E. (Bibl. un. XXII. 18.)

§. 877. **Erläuterung der mittelſt der Electriſirmaſchine verſtärkten electriſchen Wirkungen.** — Die Glasſcheibe erhält durch Reibung + E, das Reibzeug dagegen, wenn es iſolirt iſt, — E. An der Scheibe iſt das + E an allen Puncten der geriebenen Oberfläche wirkſam, kann aber (da Glas ein Nichtleiter iſt) durch Berührung mittelſt eines andern Körpers nur an dem berührten Puncte abgenommen werden (§. 869.). Durch Drehung der Scheibe kommen indeſſen nach und nach alle ihre Puncte in die Nähe der Saugeſpitzen des Conductors; wodurch das + E auf dieſen übergeht, und, weil er ein Leiter iſt, ſich über deſſen ganze Oberfläche verbreitet. Auch gibt derſelbe (gleichfalls weil er ein Leiter iſt) an jeden mit der Erde verbundenen leitenden Körper ſeine ganze Electricität auf einmahl ab; daher die bey dieſem Übergange ſich zeigenden verſtärkten Wirkungen. Warum endlich das + E der Scheibe und ihres Conductors ſtärker werde, wenn das Reibzeug mit der Erde verbunden iſt, als wenn man es iſolirt, iſt aus Folgendem erſichtlich. Das + E der Scheibe und das ihm entgegengeſetzte — E des Reibzeuges machen einen Gegenſatz, der

bey einer beſtimmten Reibung eine gewiſſe Größe hat. Iſt das Reibzeug leitend mit der Erde verbunden, ſo verliert es ſein — E, bleibt mithin immer im Zuſtande von o E, mag auch die Reibung noch lange fortgeſetzt werden. Damit nun dieſes o E mit dem + E der Scheibe denſelben Gegenſatz habe, muß dieſes + E ſtärker werden. — Alles, was hier von dem + E der Scheibe und ihres Conductors iſt geſagt worden, gilt auch von dem — E des Reibzeuges und ſeines Conductors. Auch dieſes — E wird ſtärker, wenn der Conductor der Scheibe mit dem Erdboden leitend verbunden iſt, und mithin immer o E behält.

Dieſelbe Erklärung in der Sprache der Hypotheſen.

1) Nach der Hypotheſe der Unitarier. Vor dem Reiben hat ſowohl die Scheibe als das Reibzeug die ihnen für den Sättigungszuſtand zukommende Menge der electriſchen Materie. Durch die Reibung aber wird dieſelbe den Kiſſen entzogen, und an dem Glaſe angehäuft; das Glas wird alſo durch Überfluß, das Reibzeug aber, wenn es iſolirt iſt, durch Mangel electriſirt. Wenn das Reibzeug nicht iſolirt iſt: bleibt es im Zuſtande der Sättigung, weil es ſeine electriſche Materie zum Theil zwar verliert, aber immerfort eine neue (der verlornen gleiche) Menge derſelben aus den Körpern, mit denen es in Verbindung ſteht, empfängt. Der Conductor des Glaſes erhält durch ſeine Schneiden oder Spitzen aus dem nahen Glaſe, in welchem der Electricitätsſtoff ſich anhäuft, denſelben, und muß, weil er iſolirt iſt, nun ebenfalls durch Überfluß electriſirt ſeyn. — Übrigens iſt von ſelbſt klar, daß man im Conductor der Scheibe eine intenſivere poſitive Electricität erhalten müſſe, wenn das Reibzeug nicht iſolirt iſt. Eben ſo wird dagegen auch die negative Electricität im Conductor B intenſiver ſeyn, wenn der Conductor A mit der Erde verbunden iſt, und alſo den vom Glaſe empfangenen Überfluß immerfort in die Erde abführen kann.

2) Nach der Hypotheſe der Dualiſten. Vor der Reibung befindet ſich ſowohl an dem Glaſe als an dem Reibzeuge unzerſetzter Electricitätsſtoff, mithin + E und — E im Zuſtande der Vereinigung. Durch die Reibung wird er zum Theil in ſeine Beſtandſtoffe zerlegt; der frey gewordene poſitive wird an dem Glaſe, der negative an den Kiſſen angehäuft; das Glas wird alſo poſitiv electriſirt erſcheinen, die Kiſſen aber (wenn ſie iſolirt ſind) werden negativ electriſirt ſeyn. Im Conductor der Glasſcheibe wird nun, durch die Einwirkung des am Glaſe haftenden freyen poſitiven Beſtandtheiles, der zuſammengeſetzte Electricitätsſtoff gleichfalls zerſetzt; der nega-

tive Beſtandtheil verbindet ſich nähmlich mit dem am Glaſe ſich befindenden freyen poſitiven Beſtandtheile, und ſo erhält der Conductor, wenn er iſolirt iſt, freyes + E, iſt demnach poſitiv electriſirt. Übrigens iſt auch nach dieſer Hypotheſe leicht einzuſehen, warum im Conductor A eine intenſivere Electricität erſcheine, wenn das Reibzeug nicht iſolirt iſt, als wenn das Gegentheil Statt findet. Denn in das mit dem Boden verbundene Reibzeug kommt immer neues + E (oder das freye negative E geht in den Boden über, oder vielmehr es geſchieht beydes); es kann alſo immer eine größere Menge poſitiver Materie im Glaſe und im Conductor wirkſam werden. So wird dagegen in dem iſolirten Conductor des Reibzeuges die negative Electricität intenſiver ſeyn, wenn der Conductor der Scheibe mit dem Boden verbunden iſt, indem dieſer nun immerfort das von dem Glaſe empfangene freye + E an den Erdboden verlieren, oder ſich mit — E aus dem Boden ſättigen kann. — Überhaupt läßt ſich in jedem Falle, in welchem man ſagt, daß aus einem electriſirten Körper freyes + E oder — E in einen genäherten Körper übergehe, mit gleichem Rechte ſagen, daß das natürliche E des genäherten Körpers zerſetzt, und das durch die Zerſetzung frey gewordene entgegengeſetzte E in den electriſirten Körper (um das Gleichgewicht herzuſtellen) übergehe, oder vielmehr daß beydes geſchehe. Die Wirkung iſt nothwendiger Weiſe immer wechſelſeitig.

## Geſetze der entgegengeſetzten Electricitäten und ihre Anwendung.

§. 878. Aus Erfahrungen über die Wirkungen dieſer Electricitäten ergeben ſich drey Geſetze, nähmlich:

I. Das Geſetz der Abſtoßung. Es iſt folgendes: Gleichnahmig electriſirte Körper ſtreben ſich von einander zu entfernen, oder + E wird von + E abgeſtoßen, und — E von — E. Daher fliehen (nach §. 870.) einander zwey neben einander an Seidenfäden hängende Hollundermarkkügelchen, wenn ſie auf eine und dieſelbe Weiſe ſind electriſirt worden.

II. Das Geſetz der Anziehung. Es iſt folgendes: + E zieht — E an, und — E zieht + E an, oder: ungleichnahmig electriſirte Körper ſtreben einander ſich zu nähern. Aus dieſer Urſache nähern ſich einander die an ſeidenen Fäden aufgehangenen Hollundermarkkügelchen, von denen das eine poſitiv, das andere

negativ electriſirt iſt (§. 870.). — Da die Anziehung von jedem Puncte aus nach allen Richtungen wirkſam iſt: ſo macht es ſchon die Betrachtung der Sache wahrſcheinlich, daß die Wirkung dieſer Anziehung (hierin der Schwerkraft ähnlich, §. 200.) ſo abnehmen werde, wie die zweyte Potenz der Entfernung zunimmt. Dasſelbe gilt auch von den Wirkungen der electriſchen Abſtoßung. Über Verſuche, die es beſtätigen, ſpäter.

III. Das Geſetz der electriſchen Vertheilung. Es iſt folgendes: Jeder electriſirte Körper bringt in ſeiner Nähe eine ſeiner eigenen entgegengeſetzte Electricität hervor; — oder: ein nicht electriſirter Körper bekommt in dem electriſchen Wirkungskreiſe eines electriſirten den entgegengeſetzten Electricitätszuſtand. — Dieſes wichtige Geſetz geht aus dem Geſetze der Anziehung und dem der Abſtoßung hervor. Jedes E ſucht nähmlich in ſeiner Nähe, dieſen Geſetzen zu Folge, ſeinen Gegenſatz, und erregt ihn. — In Beziehung auf die Vertheilung der Electricität ſind aber drey verſchiedene Fälle zu bemerken, welche eigens betrachtet werden müſſen. Es iſt nähmlich der genäherte Körper entweder ein iſolirter Leiter, oder ein nicht iſolirter Leiter, oder ein Nichtleiter.

Erſter Fall. Iſt der in den Wirkungskreis eines electriſirten Körpers A gebrachte Körper B ein iſolirter Leiter (z. B. ein metallener Cylinder): ſo bekommt ſein in dieſem Wirkungskreiſe befindlicher Theil den ungleichnahmigen Electricitätszuſtand, der entferntere aber den gleichnahmigen. Um ſich davon zu überzeugen, dient folgender leichte Verſuch. Es ſey B (Zeichn. 369.) ein mit einem Glasfuße verſehener etwa 2 Fuß langer Metallcylinder, an deſſen Ende m leinene Fäden mit Hollundermarkkügelchen angebracht ſind. Man nähere dem andern Ende n eine geriebene gläſerne Röhre A in der Entfernung von zwey bis 3 Zoll: ſogleich werden die Fäden divergiren; der Cylinder iſt alſo electriſirt. — Nun entferne man die Röhre, und die Divergenz der Fäden hört auf; folglich iſt dem Cylinder keine Electricität mitgetheilt worden. Wenn man den Pendelchen, indem ſie divergiren, eine geriebene Siegellackſtange nähert: ſo werden ſie von dieſer angezogen; haben mithin + E. Es hat alſo wenigſtens das entfernte Ende

des Cylinders dieſelbe Electricität, wie die Glasröhre. — Man wiederhohle denſelben Verſuch. Man electriſire nähmlich durch die genäherte Röhre nochmahls den Cylinder, damit die Fäden neuerdings divergiren. Nun aber berühre man den Cylinder in m oder wo immer mit dem Finger oder einem andern leitenden und mit der Erde verbundenen Körper, und ſogleich höret die Divergenz der Fäden auf. Man entferne nun eher den Finger, und dann die Röhre A, und gleich werden die Fäden wieder divergiren, aber ihre Electricität iſt nun negativ, d. i. der Electricität der Röhre entgegengeſetzt; denn von einer ihnen genäherten geriebenen Siegellackſtange werden ſie jetzt abgeſtoßen. — Die Erklärung der Erſcheinung iſt folgende. Es entſtand (wie im vorhergehenden Verſuche) in dem Wirkungskreiſe der genäherten Röhre — E, über dieſen hinaus aber + E. Durch die Berührung mit dem Finger wurde das + E verloren, es blieb alſo für den ganzen Cylinder — E. Dieſes iſt aber nicht frey, und kann, ſo lange die Röhre dem Cylinder nahe bleibt, wegen des nachbarlichen + E derſelben ſich nicht wirkſam erweiſen. Doch ſobald die Röhre weggenommen wird, erhält das — E Wirkſamkeit, und verbreitet ſich über den ganzen Cylinder. Der Finger muß aus der Urſache früher weggezogen werden, damit der Cylinder iſolirt werde, indem ſonſt von ihm auch das nun freye — E entweichen würde.

Zweyter Fall. Iſt der in die Nähe eines electriſirten Körpers A gebrachte Körper B ein Leiter und nicht iſolirt: dann wird ſein in dem electriſchen Wirkungskreiſe befindlicher Theil, wie in dem früheren Falle, den ungleichnahmigen electriſchen Zuſtand bekommen, der entferntere Theil aber, weil der Körper mit der Erde in Verbindung ſteht, bleibt im natürlichen (indifferenten) Zuſtande; das + E oder — E, welches entſtehen ſollte, wird nähmlich in den Erdboden abgeleitet.

Dritter Fall. Iſt endlich der Körper, der in die Atmoſphäre eines electriſirten gebracht wird, ein Nichtleiter: ſo erhält auch er an der genäherten Stelle eine Electricität, die ungleichnahmig iſt mit der des nahen electriſirten Körpers; auch hier hat demnach eine Vertheilung Statt; nur erſtreckt ſich die Electriſirung in dieſem Falle nicht weit. An länglichen Nicht-

leitern, denen ein electriſirter Körper genähert wurde (und noch mehr an ſolchen, die mit ihm in Berührung gebracht wurden), hat man abwechſelnde Zonen von + E und — E beobachtet. Die nächſte kleine Zone nähmlich hatte das ungleichnahmige E, die folgende das gleichnahmige u. ſ. w.

Erklärung dieſer Geſetze nach den zwey Hypotheſen.

a. Nach der Hypotheſe der Unitarier:

1) Die Anziehung ungleichnahmig electriſirter Körper erklärt ſich eben daraus, weil die electriſche Materie das Beſtreben hat, aus demjenigen Körper, an dem ſie angehäuft iſt, auf denjenigen überzugehen, der Mangel daran hat, ſo lange bis das electriſche Gleichgewicht hergeſtellt iſt. 2) Die Abſtoßung gleichnahmig electriſirter Körper folgt ebenfalls aus demſelben Beſtreben der electriſchen Materie nach gleichmäßiger Verbreitung. Zwey durch Überfluß electriſirte neben einander hängende Kügelchen fliehen nähmlich einander, weil ſie ſich Körpern zu nähern ſuchen, welche in Beziehung auf ſie Mangel haben, um ihren Überfluß abzuſetzen. Zwey negativ electriſirte neben einander hängende Kügelchen dagegen fliehen einander (ſcheinen demnach einander abzuſtoßen), weil ſie das Beſtreben haben, ſich Körpern zu nähern, die in Beziehung auf ſie Überfluß haben, um ihren Mangel zu erſetzen. Sind nun andere Körper nicht da: ſo beſtreben ſie ſich der Luft ſelbſt (und den darin ſchwebenden Theilchen) im erſten Falle den Überfluß mitzutheilen, im zweyten Falle ſo viel electriſche Materie, als zur Hebung ihres Mangels erfordert wird, aus der Luft aufzunehmen. An der zwiſchen beyden Kügelchen befindlichen Stelle kann aber ſowohl jener Überfluß als dieſer Mangel nicht aufgehoben werden. 3) Die Vertheilung der Electricität. Der in einem Körper angehäufte electriſche Stoff ſtößt, vermöge ſeiner Repulſivkraft, jeden nahen Electricitätsſtoff ab, und es muß nothwendig in der Nähe eines poſitiv (durch Überfluß) electriſirten Körpers ein negativ electriſcher Zuſtand (Mangel) entſtehen. Wenn dagegen ein Körper negativ (durch Mangel) electriſirt iſt: ſo ſucht er aus den nahen Körpern dieſen Mangel zu erſetzen; die electriſche Materie aus den nahen Körpern ſtrebt alſo in den negativ electriſirten Körper überzugehen, und häuft ſich, wenn ſie nicht übergehen kann, wenigſtens in deſſen Nähe an. Hier muß alſo ein poſitiv electriſcher Zuſtand entſtehen.

b. Nach der Hypotheſe der Dualiſten:

1) Das Geſetz der Anziehung zwiſchen ungleichnahmig

electriſirten Körpern folgt nothwendig aus der Anziehung, welche die zwey heterogenen electriſchen Materien gegen einander äußern. 2) Das Geſetz der Abſtoßung gleichnahmig electriſirter Körper folgt aus der Repulſivkraft unter den Theilen eines und desſelben freyen Beſtandtheils des Electricitätsſtoffes. 3) Aus jener Anziehung und dieſer Abſtoßung folgt das Geſetz der Vertheilung. In der Nähe eines freyen + E wird der zuſammengeſetzte Electricitätsſtoff in ſeine heterogenen Theile zerſetzt, der poſitive Beſtandtheil wird abgeſtoßen, der negative angezogen, und wenn er nicht übergehen kann, wenigſtens in der Nähe angehäuft. So wird in der Nähe eines negativ electriſirten Körpers ebenfalls der natürliche Electricitätsſtoff zerlegt, der negative Beſtandtheil abgeſtoßen, der poſitive angezogen, und wenn er nicht übergehen kann, wenigſtens angehäuft.

§. 879. Folgerungen. Aus dem Geſetze der Vertheilung ſieht man erſt ein, warum von einem electriſirten Körper ein nicht electriſirter angezogen werde. Eigentlich iſt er nur ſcheinbar nicht electriſirt, wirklich aber hat er an der genäherten Seite den mit der Electricität des nahen electriſirten Körpers ungleichnahmigen electriſchen Zuſtand durch Vertheilung. Es geſchieht demnach die Anziehung nach dem Geſetze der electriſchen Attraction. — Eben ſo einleuchtend iſt es, daß vor der Mittheilung der Electricität immer zuerſt eine Vertheilung Statt haben müſſe. Ehe ein Körper B in die Schlagweite des Körpers A kommt, iſt er in dem electriſchen Wirkungskreiſe desſelben, und erhält — E an dem näheren Theile, wenn der Körper A poſitiv electriſirt iſt.

Auch erhellet von ſelbſt, daß ein jeder electriſirte Körper die Electricität, welche mit der ſeinigen ungleichnahmig iſt, in jedem nahen Körper ſchwächen müſſe. Dieſe mit der ſeinigen im Gegenſatz ſtehende Wirkſamkeit wird nähmlich durch die ſeinige beſchäftigt und daher gebunden. — Ein ſtark electriſirter Körper kann ſogar in einem nahen, gleichnahmig aber ſchwach electriſirten, die entgegengeſetzte Electricität durch Vertheilung bewirken. Daher können zwey Körper, welche beyde + E, oder beyde — E haben, einander anziehen, wenn die Intenſität ihrer Electricitäten ſehr merklich verſchieden iſt. Dieſe Ausnahme iſt, wie man ſieht, nur ſcheinbar.

§. 880. Anwendungen der drey Geſetze. Auf das erſte gründet ſich die Conſtruction der verſchiedenen Electroſcope, auf dieſes und das zweyte die Art, aufzufinden, ob ein electriſirter Körper + E habe oder — E; auf das dritte endlich die Wirkung mehrerer Apparate, von denen eigens geſprochen werden ſoll.

§. 881. Electroſcope oder Electricitätszeiger ſind Apparate, mittelſt deren ſich auffinden läßt, ob ein Körper electriſirt ſey, und ob ſeine Electricität einen höhern Grad habe, als die Electricität eines andern Körpers. — In wie fern ſie einiger Maßen dieſelbe meſſen, nennt man ſie auch Electrometer. Es gibt mehrere Arten derſelben; ſie beruhen theils auf der electriſchen Anziehung, theils auf der electriſchen Abſtoßung.

I. Das einfachſte der erſtern Gattung iſt ein an einem Zwirnfaden hängendes Hollundermarkkügelchen oder Flaumfederchen, oder auch ein bloßer feiner Zwirnfaden. Sehr ſchwache Electricitäten bewirken eine Anziehung des letzteren. — Bequem für viele Fälle iſt auch eine Metallnadel (Zeichn. 370.), die mit zwey Knöpfchen a und b verſehen iſt, horizontal mittelſt eines Hütchens c auf einer Spitze ruht, und mithin einer freyen horizontalen Bewegung fähig iſt. Es iſt für manche Zwecke gut, dieſem Apparate ein iſolirendes Geſtelle zu geben, oder die Nadel dadurch zu iſoliren, daß das Hütchen c von Glas iſt.

II. Auf electriſche Abſtoßung gründen ſich mehrere Electroſcope, davon die gebräuchlichſten folgende ſind: a) Es beſteht die electroſcopiſche Subſtanz in zwey neben einander hängenden iſolirten ſehr leichten Pendelchen (z. B. Strohhälmchen, länglichen Goldplättchen, oder auch zwey Zwirnfäden mit ſehr kleinen Hollundermarkkügelchen). Dieſe Pendelchen divergiren (nach §. 878.), wenn ſie mit dem zu unterſuchenden Körper in Verbindung kommen, und mithin + E oder — E erhalten. — b) Oder es iſt die electroſcopiſche Subſtanz ein Pendelchen, welches durch electriſche Abſtoßung mehr oder weniger gehoben wird, wie an dem ſogenannten Quadranten-Electrometer. c) Oder man läßt die Electricität auf ein kleines Kör-

perchen wirken, welches an dem Ende eines an einem Faden horizontal hängenden Stängleins ſich befindet, wodurch das Stänglein in horizontaler Ebene einen größern oder kleinern Bogen beſchreibt (wie an der electriſchen Drehwage).

Von Bohnenbergers ſehr empfindlichem Electroſcop, welches auf der Wirkung der electriſchen Säulen beruht, kann erſt ſpäter die Rede ſeyn; eben ſo von dem Auslade-Electrometer, welches zur Vergleichung der electriſchen Ladungen dient, dann von dem zur Anzeige auch der ſchwächſten electriſchen Strömungen dienenden Multiplicator.

Nähere Angabe der am meiſten in Gebrauch gekommenen Electroſcope:

a. Das Goldblattelectroſcop, welches aus zwey neben einander hängenden Goldblattpendelchen beſteht, wird vorgeſtellt in der Z. 371; a b und c d ſind jene etwa 2 Zoll lange Goldblättchen, die an einem kreisförmigen Metallſtücke e durch Eyweiß angeklebt ſind, und eine parallele Lage gegen einander haben. Damit ſie den Bewegungen der Luft nicht ausgeſetzt ſeyen, ſchließt man ſie (wie in der Z. 372. zu ſehen iſt) in ein gläſernes Gefäß ein, welches unten einen metallenen Boden f g und oben einen metallenen Deckel hat. Durch eine Glasröhre und den Deckel geht ein Stänglein, das die Blättchen hält. In zwey entgegengeſetzten Gegenden (nähmlich hinter beyden Blättchen) ſind 2 Stanniolſtreifchen l m und o n angebracht, damit (wenn die divergirenden Blättchen den Stanniol berühren) ihre Electricität abgeleitet werde. — Auch kann am Gefäße ſelbſt der Bogen eines Kreiſes angebracht werden, damit man den Winkel der Divergenz beobachten könne. Dieſes Electroſcop iſt von Bennet angegeben. Beynahe auf dieſelbe Art iſt das von Volta angegebene eingerichtet; nur beſteht ſeine electrometriſche Subſtanz aus zwey neben einander hängenden leichten Strohhälmchen. Übrigens kann auch am Deckel ein langer metallener Draht, der ſich in eine Spitze endigt, angebracht werden, welchen man vorzüglich zur Unterſuchung der Luftelectricität anwenden kann. — Dann kann auch dieſer Electricitätszeiger mit einem andern Apparate verbunden werden, der in der Zeichn. 373. vorgeſtellt wird, Condenſator heißt, aber erſt an einem ſpätern Orte wird beſchrieben werden.

b. Das ſogenannte Quadranten-Electrometer von Henly wird in der Zeichn. 374. vorgeſtellt. A B iſt ein hölzernes Säulchen (gewöhnlich aus Buchsbaum), welches ſich oben in eine Kugel endet. An dieſem iſt ein Halbkreis e f g (gewöhnlich aus Elfenbein)

angebracht. Im Mittelpuncte c iſt das hölzerne Stäbchen c d, das ſehr dünn, von geringem Gewichte und mit dem Kügelchen d aus Hollundermark verſehen iſt, ſo aufgehangen, daß es ſich um c bewegen kann. — Um dieſen Apparat beliebig anzuwenden, wird er mit einem Fuße verſehen; gewöhnlich aber pflegt er an den Conductor ſo angebracht zu werden, daß des Stabes Spitze B in eine dazu beſtimmte Öffnung des Conductors geſteckt wird (wie in der Z. 362.). Sobald dieſer electriſirt wird, erhebt ſich das Stäbchen c d.

c. Die electriſche Drehwage (welche Coulomb angegeben hat) iſt in der Zeichn. 375. abgebildet. A B iſt ein Glascylinder, der einen gläſernen Deckel m hat. Dieſer trägt über der durchbohrten Mitte eine angekittete Glasröhre r r. Das Gefäß und die Röhre dienen nur zum Schutze des eigentlichen Apparates gegen die Einwirkung der bewegten Luft. Der Apparat ſelbſt beſteht in einem feinen Silberdrahte d d, der eine feine horizontale Nadel n o trägt. Sie beſteht aus einem mit Gummilack überzogenen Seidenfaden, und hat an dem einen Ende o ein kleines Kreisſcheibchen aus Goldpapier. Der Draht d d iſt an einer kleinen Zwinge befeſtigt, welche durch eine meſſingene Faſſung f geht. Dieſe iſt drehbar. Auch die Zwinge (und mithin der Draht d d) kann mittelſt eines Drehkopfes D in der Faſſung gedreht werden. Der Drehkopf hat einen Zeiger z, der auf irgend einen der 360 Grade weiſet, in welche der Rand der Faſſung getheilt iſt. An dem Umfange des Gefäßes A B iſt ebenfalls eine in 360 Grade eingetheilte Scale befindlich, für welche die horizontale Nadel n o der Weiſer iſt. Ferner hat der Deckel m ſeitwärts über dem Nullpuncte der unten am Gefäße A B angebrachten Scale ein Loch l, welches dient, einen mit Gummilack überzogenen Seidenfaden hinein zu laſſen, der an dem untern Ende eine kleine metallene Kugel trägt. Noch bequemer iſt es, wenn die Kugel k mit einem Drahte verbunden iſt, der durch eine in einem Korkſtöpſel befeſtigte Glasröhre durchgehet. Der Korkſtöpſel wird in die Öffnung geſteckt und ſo kann die Kugel von außen Electricität erhalten.

Der Gebrauch des Apparates beſteht in Folgendem. Man ſtellt zuerſt den Weiſer z auf Null, und dreht dann die Faſſung f langſam, daß auch das Kreisſcheibchen o auf den Nullpunct der untern Scale zu ſtehen komme. Man theilt dem Kügelchen k Electricität mit. Durch ſie wird auch dem Scheibchen o Electricität mitgetheilt. Beyde Körper ſtoßen nun einander ab, das Scheibchen bewegt ſich von dem Kügelchen weg, und dreht ſo den Silberfaden d d. Je größer die Repulſivkraft iſt, deſto mehr und weiter wird das Scheibchen getrieben, mithin der Faden deſto mehr gedrehet.

Vorzüglich bediente ſich Coulomb dieſes Apparates, um zu finden, wie die Wirkungen der electriſchen Abſtoßung mit der Entfernung abnehmen. Seinen Verſuchen zu Folge verhalten ſich dieſe Wirkungen wie umgekehrt die zweyten Potenzen der Entfernungen. Seine Verſuche ſind folgende. Er electriſirte die Kugel k, und nachdem er ſie mit dem Scheibchen o in Berührung brachte, wurde dieſes um 36° zurückgeſtoßen. Hier war die Repulſivkraft mit der reſtituirenden Kraft des Drahtes d d im Gleichgewichte, denn alles blieb ruhig. Nun entſtand die Frage, wie ſtark der Draht gedreht werden müßte, damit daſſelbe Scheibchen von der Kugel um 18 Grade der untern Scale entfernt gehalten werde. Er drehete demnach mittelſt des Drehkopfes D in der entgegengeſetzten Richtung, bis das Scheibchen um achtzehn Grade von der Kugel entfernt war. Der obere Zeiger z wies aus, daß der Draht um 126 Grade ſey gedreht worden. Um den ganzen Drehungswinkel zu haben, muß man die 18 Grade zu den 126 Graden addiren, welches dann 144 Grade gibt. Die erſte Entfernung des Scheibchens von der Kugel verhält ſich zur zweyten Entfernung wie 2 : 1, die Drehungswinkel des Drahtes verhalten ſich wie 36 : 144 = 1 : 4, alſo umgekehrt wie die zweyten Potenzen der Abſtände. Und da ſich (wie Coulomb durch andere Verſuche gefunden hat) die Windungskräfte eines gedrehten Fadens verhalten wie die Drehungswinkel: ſo verhalten ſich auch dieſe Windungskräfte, und daher die mit ihnen im Gleichgewichte ſtehenden Repulſivkräfte der electriſirten Körper wie die Drehungswinkel, alſo wie 1 : 4. Es verhalten ſich demnach dieſe Repulſivkräfte wie umgekehrt die zweyten Potenzen der Abſtände der beyden Körper. — Noch muß erinnert werden, daß die Entfernung der Kugel von der Scheibe eigentlich nicht durch den Bogen des von dem Scheibchen beſchriebenen Kreiſes gemeſſen werde, ſondern durch die Sehne dieſes Bogens. Wenn indeſſen die Winkel nicht über 36 Grade betragen: ſo kann man ohne bedeutenden Fehler die Bögen ſtatt der Sehnen derſelben ſetzen. Bey größern Bögen muß eine Correction in Rechnung gebracht werden.

d. Noch erwähnen wir hier der electriſchen Wage von Simon, welche der Hauptſache nach in einem ſehr feinen gläſernen Wagebalken beſteht, der an dem einen Ende ein vergoldetes Hollundermarkkügelchen trägt, über welchem ein gleiches Kügelchen an einem eigenen Geſtelle ſich befindet. Wird dieſes letztere electriſirt, ſo wird es auch das erſtere; beyde ſtoßen einander ab. Die Stärke der Abſtoßung zu beſtimmen, werden kleine Theilchen feinen Drahtes an den andern Hebelsarm gehangen. — Wir führen dieſen Apparat

bloß an, weil Simon durch ſeine damit angeſtellten Verſuche das Reſultat will gefunden haben, daß die Wirkungen der electriſchen Repulſion den einfachen Abſtänden proportional ſeyen. Egen hat dagegen eingewendet, daß Simon die Abſtände beyder Kugeln und nicht die ihrer Mittelpuncte zum Maße der Entfernungen genommen habe. Andere Experimentatoren fanden Reſultate, die zwiſchen denen von Coulomb und denen von Simon fallen (z. B. Yelin und Kämtz). Mayer's Reſultate ſtimmten mit denen von Simon. Ermerins ſtellte mit der Drehwage neuerdings eine Reihe von Verſuchen an, welche für das von Coulomb aufgeſtellte Geſetz ſprechen.

§. 882. Aus dem Geſetze der Anziehung und dem der Abſtoßung geht die Methode hervor, aufzufinden, ob ein electriſirter Körper + E oder — E habe. Man electriſire nähmlich ein an einem Seidenfaden aufgehangenes Hollundermarkkügelchen durch geriebenes Glas; ſeine Electricität wird poſitiv ſeyn. Nun nähere man ihm den Körper, deſſen Electricitätszuſtand zu unterſuchen iſt. Wenn dieſer Körper + E hat, ſo wird das Kügelchen abgeſtoßen; wenn aber der electriſirte Körper — E hat, ſo wird es angezogen. — Hat man einen ſehr ſchwach electriſirten Körper zu unterſuchen: ſo muß das Kügelchen ſehr klein und der Faden ſehr fein und von ziemlicher Länge ſeyn.

Man kann ſich auch der auf Zeichn. 370. abgebildeten iſolirten Nadel zu demſelben Zwecke bedienen.

### Verbreitungsweiſe des electriſchen Zuſtandes.

§. 883. Hierbey iſt die Hauptfrage: ob die Electricität ſich bloß über die Oberfläche der Körper verbreite, oder auch durch das Innere derſelben. Bey der Beantwortung derſelben iſt ein Unterſchied zu machen zwiſchen der electriſchen Spannung und dem electriſchen Strome (§. 873.).

§. 884. 1) Betreffend die electriſche Spannung. — Daß bey einem Nichtleiter die freye Electricität nur an derjenigen Stelle hafte, welche entweder urſprünglich (§. 867.) durch irgend ein Verfahren (z. B. durch Reibung) iſt electriſirt worden, oder die Electricität durch Mittheilung (§. 868.) erhalten hat, iſt bereits (aus §. 869.) bekannt; eben

ſo, daß an einem Leiter ſich der electriſche Zuſtand über deſſen ganze Oberfläche verbreite. Eine andere Frage aber iſt, ob ſie bloß an der Oberfläche hafte, ob ſie an dieſer gleichförmig ausgetheilt ſey, und welchen Einfluß etwa die eigenthümliche Beſchaffenheit oder Geſtalt des Leiters auf dieſe Austheilung haben möge. Darüber hat die Erfahrung Folgendes gelehrt: 1) Die Electricität, in wie fern ſie, ins Gleichgewicht ſich ſtellend, die electriſche Spannung bewirkt, haftet bloß an der Oberfläche des Leiters, wie aus nachſtehenden Verſuchen erſichtlich iſt. Eine hohle electriſirte Kugel von was immer für einer Materie verliert gerade die Hälfte ihrer Electricität, wenn ſie mit einer gleichgroßen maſſiven Kugel in Berührung gebracht wird. — Über einen iſolirten, um eine horizontale Achſe mittelſt einer Kurbel K beweglichen Cylinder A B (Zeichnung 376.) werde ein metallenes Band M gewickelt, deſſen Ende ſich in einen Halbkreis und einen ſeidenen Faden F endigt. In B ſey ein Electreſcop e aus leinenen Fäden mit Hollundermarkkügelchen. Es werde nun dieſer Vorrichtung Electricität mitgetheilt; die Fäden von e gehen aus einander. Dann werde das metallene Band allmählich abgewickelt, indem man an dem iſolirenden Faden F zieht. Die leinenen Fäden e nähern ſich, je mehr das Band abgewickelt wird, und deuten demnach auf Schwächung der Electricität. Iſt das Band bedeutend lang: ſo kann die Divergenz der Fäden beinahe null werden. — Man wickle nun mittelſt der iſolirten Kurbel K das Band auf, und die Fäden e divergiren von neuem. Die Maſſe der Vorrichtung wird beym Auf- und Abwickeln des Bandes weder vermehrt noch vermindert, wohl aber die Oberfläche. — In allen dieſen Fällen iſt es die den Leiter umgebende Luft, welche die Electricität hindert, die Oberfläche des Leiters zu verlaſſen und an andere Leiter ſich zu begeben. In einem luftverdünnten Raume verliert daher der Körper den electriſchen Zuſtand.

2) Bey der Verbreitung der Electricität über die Oberfläche eines guten Leiters iſt die eigenthümliche Natur ſeines Stoffes ohne merklichen Einfluß. Es fand ſich nähmlich, daß eine Kugel von Kupfer immer die Hälfte ihrer Electricität verlor, wenn

ſie mit einer gleich großen, übrigens aus was immer für einer gut leitenden Materie verfertigten Kugel in Berührung iſt gebracht worden.

3) Aus der Verbreitung der Electricität über die ganze Oberfläche folgt aber keineswegs, daß die electriſche Spannung an allen Puncten gleich ſeyn müſſe. Wie groß dieſelbe ſey, hängt ab von der Geſtalt des Leiters; doch dieſes erfordert eine eigene Betrachtung.

Verſinnlichung der Verbreitung der Electricität über die Oberfläche der Leiter. — Mag die electriſche Wirkſamkeit worin immer gegründet ſeyn, ſo kann man ſich dieſelbe verſinnlichen durch die Vorſtellung einer ausdehnſamen Flüſſigkeit von der Art, daß in ihr, wenn ſie frey iſt, nur die Repulſivkraft ſich wirkſam erweiſet (die gegenſeitige Attractivkraft der eigenen Theilchen nähmlich unendlich klein iſt), und für deren Verbreitung ins Unbeſtimmte nur Nichtleiter ein Hinderniß ſind. Nach dieſer Vorſtellungsweiſe iſt es leicht einzuſehen, daß in einer leitenden Kugel (die in Beziehung auf dieſe Flüſſigkeit immer als hohl anzuſehen iſt) ſich dieſelbe nothwendiger Weiſe auf die Oberfläche begeben, und dort, weil die Luft als Nichtleiter die weitere Verbreitung hindert, in einem mehr oder weniger verdichteten Zuſtande ſich befinden müſſe. In dem Innern des Leiters befände ſich mithin nur diejenige Menge dieſer Materie, welche als gebundene keine electriſchen Erſcheinungen bewirken kann.

Noch einige Verſuche, welche die Verbreitung der freyen Electricität bloß über die Oberfläche der Leiter darthun. Biot hing eine etwas längliche Kugel (Zeichn. 377.) an einen Seidenfaden auf, und umſchloß ſie mit zwey genau darauf paſſenden und mit iſolirenden Handhaben verſehenen Kapſeln A und B. Dem Ganzen wurde Electricität mitgetheilt, die Hüllen wurden dann abgezogen. Dieſe zeigten Electricität, aber keine Spur wurde in der inneren Kugel wahrgenommen. — Man bohrte ferner in eine Kugel ein coniſches Loch. Man electriſirte jene Kugel, und brachte ein an einem nichtleitenden Stänglein angebrachtes Metallſcheibchen mit gehöriger Vorſicht in die Öffnung bis an das Ende derſelben. Nachdem es herausgezogen ward, gab es auch an dem empfindlichſten Electroſcop kein Zeichen der Electricität. — Doch muß, in Beziehung auf dieſen Verſuch, bemerkt werden, daß manchmahl das Scheibchen eine geringe Spur von Electricität zeigt, allein ungleichnahmig mit der Electricität der Kugel. Dieſes iſt eine

Folge der electriſchen Vertheilung in dem Stänglein, welche durch den Einfluß der nahen Oberfläche (nach §. 878. III.) iſt bewirket worden.

§. 885. **Mittel, die Spannung an einer Stelle der Oberfläche mit der an andern Stellen zu vergleichen.** — Dazu bedient man ſich eines gelegenheitlich ſchon (§. 884. Zuſ.) erwähnten kleinen Apparates, der aus einem kleinen Scheibchen von Goldpapier beſteht, welches an einem Stielchen von Schellack befeſtigt iſt. Man nennt es das **Prüfungsſcheibchen**. Mit dieſem wird jede zu prüfende Stelle berührt, und die an das Scheibchen übergegangene Electricität wird nun an ein empfindliches Electroſcop übertragen.

§. 886. **Einfluß der Geſtalt eines Körpers auf die Verbreitung der Electricität über ſeine Oberfläche.** Darüber hat die Erfahrung Folgendes gelehrt. Auf der Oberfläche einer Kugel iſt die Electricität gleichförmig verbreitet; jeder Punct derſelben iſt gleich ſtark electriſirt. Ein electriſirter Körper von länglicher Geſtalt dagegen (z. B. eine Ellipſoide) zeigt an beyden Enden eine ſtärkere Intenſität des electriſchen Zuſtandes, als in den der Mitte nähern Puncten. Ein Körper, der **Ecken und Kanten** hat (z. B. ein Tetraëder), zeigt an den Kanten eine ſtärkere, als in der Mitte ſeiner Flächen, eine noch ſtärkere an den Spitzen. Auch eine Scheibe zeigt an dem Umfange eine ſtärkere Intenſität, als an den der Mitte nähern Stellen. Zu Verſuchen, um dieſe verſchiedene Intenſität zu erforſchen, hat man ſich des eben (§. 885.) angegebenen **Prüfungsſcheibchens** bedient.

Was die Erfahrung lehrt, ergibt ſich auch aus folgender Betrachtung. Daß an der Oberfläche einer Kugel die Intenſität der freyen Electricität überall gleich ſeyn werde, iſt wohl an ſich klar, indem zu einer ungleichen Austheilung derſelben kein Grund vorhanden iſt. Es folgt aber auch aus einem **allgemeinen** Satze, nähmlich aus dieſem: Wenn Gleichgewicht Statt finden ſoll: ſo muß ſich an der Oberfläche eines electriſirten Körpers (mag er von was immer für einer Geſtalt ſeyn) die freye Electricität (+ E oder — E) ſo anordnen, daß die Geſammtwirkungen von allen Puncten aus

auf jeden beliebigen Punct in dem Innern ſich gegenſeitig aufheben. Wäre dieſes nicht der Fall: ſo könnte ja das in dieſem Puncte vorhandene o E odes ± E (im Sinne des §. 870.) nicht Statt finden, es müßte in freyes + E und — E zerſetzt werden. Bey einer electriſirten Kugel iſt aber dieſe ſich aufhebende Geſammtwirkung nur möglich, wenn das an ihrer Oberfläche vorhandene freye + E oder — E überall dieſelbe Intenſität hat. Es ſey (Zeichn. 378.) der Kreis a b c a der Durchſchnitt einer Kugel, und p ſey der beliebige Punct, auf den die Geſammtwirkung aller Puncte der Oberfläche zu betrachten iſt. Man denke ſich durch p zwey unter einem kleinen Winkel ſich ſchneidenden Linien r r′ und s s′ gezogen, und dann aus m und n (den Mittelpuncten der Bögen r s und r′ s′) kleine Kreiſe beſchrieben: ſo verhalten ſich die Flächen derſelben wie $rs^2 : r's'^2 = mp^2 : np^2$. Es werde die Intenſität (gleichſam Dichte) der an jedem Puncte des erſten Kreischens m wirkſamen electriſchen Thätigkeit mit D, die Intenſität der an dem zweyten Kreischen n wirkſamen mit d bezeichnet. Dann iſt die Menge der an dem erſten Kreischen vorhandenen Electricität $= D \,.\, rs^2$, die Menge der an dem zweyten Kreischen vorhandenen $= d \,.\, r's'^2$. Die Wirkungen derſelben auf den Punct p (die wir durch W und w bezeichnen wollen) werden offenbar deſto ſtärker ſeyn, je größer ihre Mengen und je kleiner die zweyten Potenzen ihrer Abſtände von dieſem Puncte p ſind, mithin $W : w = \frac{D \,.\, rs^2}{mp^2} : \frac{d \,.\, r's'^2}{np^2} = \frac{D \,.\, mp^2}{mp^2} : \frac{d \,.\, np^2}{np^2} = D : d$. Da nun aber jene Wirkungen gleich ſind ($W = w$), weil ſie ſich ſonſt nicht gegenſeitig aufheben würden: ſo iſt auch nothwendig $D = d$. Wäre (Zeichn. 378.) der Punct p zugleich genau in der Mitte von m und n, mithin $mp = np$: ſo wäre auch $rs = r's'$, und mithin die Flächen der zwey Kreischen in m und n einander gleich. Nicht ſo iſt es aber an einem Körper von anderer Geſtalt, z. B. an einem länglichen, deſſen Durchſchnitt die Zeichn. 379. vorſtellt. Sind die Abſtände A C und B C gleich: ſo iſt die ſtärker gekrümmte Fläche A offenbar kleiner als die ſchwächer gekrümmte B. Da nun beyde dennoch gleich ſtark auf den Punct c wirken: ſo iſt in jedem einzelnen Puncte der kleineren Fläche A mehr freye Electricität wirkſam, als in jedem Puncte der größern Fläche B. Nimmt man dagegen (in derſelben Zeichn. 379.) die Flächen E und F gleich groß: ſo ſind ihre Abſtände von dem zwiſchen ihnen liegenden Puncte g, in welchem ihre Wirkungen ſich aufheben, ungleich (E g iſt kleiner als F g). Je ſtärker gekrümmt alſo eine Stelle iſt, deſto größer iſt die Intenſität ihrer Electricität. Daher die Electricität

an den flachen Stellen ſo ſchwach, an den Spitzen dagegen ſo ſtark ſich zeigt, indem eine Spitze als eine Krümmung von äußerſt kleinem Krümmungshalbmeſſer angeſehen werden kann. — **Rechnungen** über die Intenſitäten der Electricität an verſchiedenen Geſtalten haben vorzüglich **Laplace**, **Poiſſon** und **Cavendiſh** unternommen. (S. Mémoires de l'institut 1812. — Philos. Transact. Vol. LXI. p. 624. etc.)

**Einige Ergebniſſe aus Verſuchen**, deren eine große Anzahl vorzüglich **Coulomb** angeſtellt hat. — Man electriſirte zwey einander berührende Kugeln von verſchiedener Größe: man fand an der Berührungsſtelle ihre Electricität null, und erſt in einiger Entfernung davon merklich, und zwar ſchneller zunehmend an der kleineren. Man trennte ſie: die Electricität zeigte ſich an der kleineren ſtärker. — In einer Reihe von 24 kleinen einander gleichen Kugeln ward an der äußerſten die größte Intenſität der Electricität gefunden; ſie nahm gegen die Mitte zu immer mehr ab, in der Mitte war ſie null. In gleicher Entfernung von den Enden war auf beyden Seiten die Stärke der Electricität gleich. Die Abnahme ſelbſt ward gegen die Mitte zu immer ſchwächer befunden. — Mit dieſer Reihe von Kugeln hat ein Cylinder Ähnlichkeit; auch bey ihm nimmt die electriſche Intenſität mit der Entfernung von ſeinen beyden Enden ab.

§. 887. **Einfluß dieſer Umſtände auch auf die Mittheilung der Electricität.** — Dieſer ergibt ſich aus dem Vorhergehenden von ſelbſt. Körper mit **breiten** und **glatten** Flächen, welche **parallel** einander genähert werden, theilen einander die Electricität nicht leicht mit. Dieſe Flächen können übrigens beyde eben ſeyn, oder die eine convex, die andere concav. — Körper dagegen, welche **länglich** ſind, theilen einander die Electricität leicht mit; eben ſo Körper von beliebiger Geſtalt, wenn ſie **Hervorragungen** haben. Beſonders geſchieht die Mittheilung ſehr leicht durch **länglich zugeſpitzte** Hervorragungen. — **Kugelichte** Hervorragungen ſind als das Mittel zwiſchen Spitzen und parallelen Flächen anzuſehen. Durch ſie geſchieht die Mittheilung erſt bey einer bedeutend größern Nähe (die aber natürlicher Weiſe verſchieden iſt für die verſchiedene Intenſität der Electricität); ſie geſchieht ferner **ſtufenweiſe** durch ein Überſpringen der ſogenannten

electriſchen Funken. Durch Spitzen dagegen geſchieht ſie nicht nur in einer viel größern Entfernung; ſie iſt auch (ſcheinbar wenigſtens) ſtätig, man ſieht im Finſtern fortwährendes Licht, nähmlich einen Strahlenkegel an der Spitze des poſitiv electriſirten Körpers, einen leuchtenden Punct an der des negativ electriſirten, wie ſchon (§. 876.) iſt erinnert worden. In der Nähe der Spitzen fühlt man den gleichfalls ſchon oben (§. 876.) angeführten electriſchen Wind. Aus dem Geſagten erhellet, warum man dem Conductor an jenem Theile, an welchem er dem Glaſe nahe iſt, Schneiden oder Spitzen zu geben pflege, warum dagegen ſeine übrige Oberfläche ſo viel möglich zugerundet und ohne Hervorragungen ſeyn müſſe. — Übrigens muß über die Wirkung der Spitzen noch Folgendes bemerket werden. Verſuche lehren, daß eine Spitze die Mittheilung der Electricität beſſer bewirke, als mehrere einander nahe Spitzen. Der Grund davon iſt, weil in dem zweyten Falle jede die Wirkung der andern ſtört. Geſetzt, es werde zweyen Spitzen A und B (Zeichn. 380.) eine mit + E electriſirten Kugel C genähert. Beyde Spitzen erhalten nach dem Geſetze der Vertheilung (§. 878.) — E. Da ſie aber einander nahe ſind: ſo wirken ſie auch wechſelſeitig auf einander, das — E der einen ſtrebt in der andern ein + E zu erregen, das — E der einen ſchwächt daher das — E der andern, vermindert demnach den Gegenſatz zu dem + E des Körpers C. — Je mehr Spitzen, deſto beträchtlicher wird dieſe ſtörende Wirkung; und deſto näher müſſen ſie dem Körper C gebracht werden, um durch ihr — E das + E desſelben aufzuheben (zu neutraliſiren). Denke man ſich nun unendlich viele Spitzen an einander, ſo hat man eine ebene oder krumme Fläche ohne Hervorragung. Daß aber eine ſolche Fläche viel näher dem electriſirten Körper müſſe gebracht werden, um von ihm Electricität durch Mittheilung zu erhalten, iſt ſchon geſagt worden.

Das Blaſen der electriſirten Spitzen ſucht man folgender Weiſe zu erklären. Das der Spitze nächſte Lufttheilchen erhält zuerſt die ungleichnahmige, dann durch Mittheilung die gleichnahmige Electricität, wird demnach abgeſtoßen; ein zweytes kommt nun an

die Spitze, mit dieſem geſchieht daſſelbe, ſo mit dem dritten u. ſ. w., es entſteht demnach eine Bewegung der Lufttheilchen von den Spitzen weg. Iſt dagegen eine electriſirte Oberfläche abgerundet: ſo wirkt ſie gleichförmig auf eine größere Maſſe von Luft; dieſe ſollte ſich in allen Puncten zugleich entfernen, und eben darum iſt ihre Bewegung erſchwert.

Einige Verſuche über die Mittheilung der Electricität. Eine meſſingene Kugel von einigen Zollen im Durchmeſſer werde dem electriſirten Conductor der Maſchine genähert: Funken ſpringen über mit kniſterndem Getöſe, und zwar deſto häufiger, je näher ſie dem Conductor kommt. Man merke ſich die größte Entfernung, bey der man noch Funken erhält. Man befeſtige nun eine Kugel von einem bis zwey Zollen im Durchmeſſer mittelſt eines drey bis vier Zoll langen Drahtes an den Conductor, und laſſe auf jene größere Kugel Funken überſpringen; man wird jetzt längere Funken erhalten als aus dem Conductor ſelbſt, ſie ſind aber weniger glänzend und von zackiger Geſtalt. Je kleiner die Kugel iſt, die an dem Conductor angebracht wird, deſto längere Funken können erhalten werden; bey einer gewiſſen Kleinheit der Kugel erſcheinen Strahlenbüſchel, beſonders wenn ein flacher Halbleiter, z. B. Papier, ein Hutdeckel u. d. m. dagegen gehalten wird. — Wird eine Spitze an den Conductor befeſtigt: ſo geſchieht die Mittheilung ohne alle Funken durch aus einander fahrende Strahlenbüſchel auf noch größere Entfernungen. — Man laſſe aus dem Conductor auf eine genäherte große Kugel Funken überſchlagen, und halte dann demſelben Conductor zugleich eine ſcharfe Spitze in doppelter Entfernung entgegen: die Funken hören auf zu überſpringen, und alle Electricität wird durch die Spitze fortgeleitet.

Durch die electriſirten Spitzen können auch mancherley Bewegungen bewirkt werden. Ein in der Form eines lateiniſchen S gebogener Draht, der in ſeinem Schwerpuncte ein Hütchen hat, um ihn auf eine am Conductor der Electriſirmaſchine angebrachte verticale Spitze horizontal zu legen (Zeichn. 381.), kommt während des Electriſirens in drehende Bewegung. Die Drehung geſchieht gegen die Richtung der Spitzen des S-förmigen Drahtes, wie in Segner's Maſchine (§. 340. Zuſ.). Im Finſtern erſcheinet zugleich ein leuchtender Kreis.

Achard befeſtigte im Mittelpuncte einer meſſingenen Scheibe von 1/2 Zoll im Durchmeſſer nur einen zugeſpitzten Draht, und fand die Wirkung dieſer einen Spitze größer für die Mittheilung ſowohl als die Annahme der Electricität, als da er auf dieſelbe Scheibe neun Spitzen befeſtigt hatte.

§. 888. Allmählicher Verluſt der Electricität. — Dieſer Verluſt, den jeder electriſirte Körper erleidet, iſt auch bey den angeführten Verſuchen über die Austheilung der Electricität, zu deren jedem einige Zeit erfordert wird, zu berückſichtigen. Die Urſachen jenes allmählichen Verluſtes ſind: 1) Ableitung durch die iſolirenden Träger, indem (nach §. 869.) kein Körper ein vollkommener Nichtleiter iſt. — 2) Die Beweglichkeit der umgebenden Luft. Jedes den electriſirten Körper berührende Lichttheilchen wird nähmlich durch Mittheilung electriſirt und dann abgeſtoßen; es macht mithin einem zweyten Lufttheilchen Platz, dieſes einem dritten u. ſ. w. Solcher ſehr merklichen Luftſtröme bey Spitzen iſt bereits erwähnt worden (§. 887.), weniger merkliche finden immer Statt. — 3) Die mit der Luft verbundenen Waſſerdünſte, welche auf zweyfache Weiſe die Electricität eines Körpers ſchwächen, indem ſie nähmlich ſchon als Dünſte ableitend wirken, und indem ſie ſich auch an die iſolirenden Träger anlegen, ſie befeuchten, und ſo ableitende Ketten bilden.

Viele über dieſe Verluſte angeſtellte Verſuche haben gelehrt: a) daß (in Beziehung auf 1) ein und derſelbe Körper, der eine ſehr ſchwache Electricität vollkommen iſoliren kann, immer mehr leitend ſich erweiſe, je ſtärker die Electricität iſt; ferner daß ein Träger vier Mahl länger ſeyn müſſe, um eine doppelt ſo ſtarke Electricität gleich gut, wie eine doppelt ſchwächere zu iſoliren; — b) daß (in Beziehung auf 2) der Verluſt durch die Luft deſto größer ſey, je größer die Intenſität der Electricität iſt; — c) daß endlich (in Beziehung auf 3) der Verluſt deſto größer ſey, je mehr Feuchtigkeit in der Luft vorhanden iſt.

Einige Verſuche. Coulomb befeſtigte ein Hollundermarkkügelchen von etwa 5 Linien im Durchmeſſer an ein Stänglein von Schellack, welches etwa $^1/_2$ Linie dick und bey 20 Linien lang war. Er fand denſelben Electricitätsverluſt, wenn das Kügelchen durch ein ſolches Stänglein, oder durch zwey dergleichen iſolirt war, und ſchloß daraus, daß hierbey der Schellack als vollkommen iſolirend könne angenommen werden, und der Verluſt bloß der Ableitung durch die Luft zuzuſchreiben ſey. Er bediente ſich zur Meſſung bey dieſem, wie bey den übrigen Verſuchen ſeiner Drehwage.

Er fand dadurch den Verluſt in einerley Zeit und (wie ſich von ſelbſt verſteht) in derſelben Luft proportional der Stärke der Electricität, die dem Kügelchen iſt mitgetheilt worden. — Er fand auch, daß (bey ſchwacher Electricität) die Größe des Verluſtes unabhängig war von der Geſtalt des electriſirten Körpers, ja ſelbſt unabhängig von ſeiner Leitungsfähigkeit.

Mehreren Verſuchen zu Folge fand er, daß ſich der Verluſt durch die Luft, wenn ſie trocken iſt, etwa auf $^1/_{60}$ der Spannung für eine Minute annehmen laſſe, bey feuchter Luft dagegen drey Mahl ſo viel betragen könne. — War der Verluſt durch die Luft ausgemittelt: ſo konnten Verſuche über den durch verſchiedene Stützen herbeygeführten angeſtellt werden, indem man nur jenen bereits bekannten Verluſt von dem geſammten abzuziehen brauchte. Er ſtellte nun auch in Beziehung auf den Verluſt durch Stützen Verſuche an, und kam zu den oben angegebenen Reſultaten. — Da ſich daraus ergab, daß für ſehr ſchwache Electricitäten beynahe alle Körper als ſehr gute Nichtleiter zu betrachten ſind: ſo wäre es allerdings nicht unmöglich, daß in allen Körpern immer etwas freye Electricität vorhanden ſey.

§. 889. II. Betreffend den electriſchen Strom. Dieſer findet nur bey Leitern Statt, und geht wahrſcheinlich auch durch das Innere derſelben. Denn außerdem, daß einem Körper ein um ſo größeres Leitungsvermögen zugeſchrieben werden muß, je weniger durch ihn die freye Verbreitung der Electricität gehindert wird, ſo wird der Durchgang derſelben auch aus den Wirkungen wahrſcheinlich, welche ſowohl an ſehr guten, als an mittelmäßigen Leitern beobachtet werden. Was die erſtern betrifft, ſo werden bekanntlich die Metalle durch einen ſtarken electriſchen Strom erhitzt, geſchmolzen, verflüchtigt; auch werden unter den Erfahrungen über Berührungselectricität ſolche angeführt werden, aus denen ſich ergibt, daß das Leitungsvermögen der Drähte proportional mit ihrer Maſſe zunehme. — Bey weniger guten Leitern (als: Waſſer und anderen Flüſſigkeiten) bewirket der electriſche Strom gleichfalls Erſcheinungen, die ſeinen Durchgang durch das Innere desſelben vorausſetzen. — Bey ſchlechten Leitern endlich hat der electriſche Strom um ſo weniger Statt, je geringer ihr Leitungsvermögen iſt, wie ſich von ſelbſt verſteht. Hat aber die Stärke der Electricität

an einem Leiter ſo ſehr zugenommen, daß eine zwiſchen ihm und einem andern Leiter vorhandene Schichte eines Nichtleiters ihren Übergang nicht zu hindern vermag: ſo wird dieſe Schichte durchbrochen. So durchbricht der electriſche Funke die Luft; ſo kann er, bey hinreichender Stärke, auch feſte Nichtleiter (z. B. Glas) durchbrechen, bewirkt dann oft Sprengungen und dergleichen. — Bey all dieſem iſt nicht zu vergeſſen, daß es (wie bereits in §. 869 iſt bemerket worden) weder einen abſoluten Leiter gibt, noch einen abſoluten Nichtleiter, und daß überhaupt abſolute Eigenſchaften bloß in der Gedankenwelt exiſtiren, in der Wirklichkeit aber nur Annäherungen und Abſtufungen vorkommen können.

Man ſtellt ſich übrigens den electriſirten Strom auch vor als eine fortſchreitende Entſtehung von + E und — E durch Vertheilung von einem Theilchen des Leiters zum andern, ſo daß nähmlich jedes Theilchen in dem nächſten ein + E und — E bewirke, dieſes in dem folgenden u. ſ. w. In der Sprache der Unitarier ausgedrückt, erhält jedes in der Richtung des Stromes befindliche Theilchen an der einen Seite Überfluß, an der andern Mangel; nach der Vorſtellung der Dualiſten dagegen an der einen Seite freye poſitiv-electriſche Materie, an der andern freye negativ-electriſche.

## Einige merkwürdige, auf der Vertheilung der Electricität beruhende Apparate, und die dadurch bewirkten Erſcheinungen.

§. 890. Allgemeine Betrachtung. Man denke ſich mit einem electriſirten Körper (oder vielmehr mit einer dauernden Quelle von Electricität) eine iſolirte Metallſcheibe A (Zeichn. 382) leitend verbunden: ſo wird ſie nothwendigee Weiſe durch Mittheilung electriſirt, und erhält eine gewiſſe Spannung. Wir wollen dieſe poſitiv nehmen, und ſie daher mit + E bezeichnen. Wird nun der Platte A eine zweyte nicht iſolirte B genähert, doch nicht ſo nahe, daß eine Mittheilung Statt finden kann: ſo entſteht in dieſer, wie wir ſchon (aus §. 878) wiſſen, der entgegengeſetzte electriſche Zuſtand, mithin — E. Entgegengeſetzte Electricitäten binden einander; es wird demnach dieſes — E von dem + E der Platte A gebunden, aber auch das letzterwähnte + E von jenem — E der Platte B. Es iſt mithin gerade ſo,

als ob A noch keine Electricität erhalten hätte. Sie kann mithin aus der mit ihr in Verbindung ſtehenden Quelle noch weit mehr Electricität aufnehmen, ohne ein freyes + E zu zeigen, als dieſes ſonſt möglich wäre. — Durch neuen Übergang von + E auf die Platte A wird das — E der Platte B auch vermehrt, und eben dadurch wird das zugewachſene + E in A neuerdings gebunden. Dieſes geht ſo fort, bis endlich das + E und — E mit ſolcher Stärke ſich zu vereinigen oder einander aufzuheben ſtreben, daß die trennende nichtleitende Luftſchichte ſie daran nicht mehr zu hindern im Stande iſt. Dieſe Luftſchichte wird nun durchbrochen und die entgegengeſetzten Electricitäten heben ſich gegenſeitig auf.

Wir dachten uns einſtweilen die beyden Electricitäten gleich ſtark; allein dieſes könnten ſie nur dann ſeyn, wenn die trennende Luftſchichte zwiſchen den zwey Platten unendlich dünn und dennoch die Mittheilung vollkommen hindernd wäre; dann würden auch beyde Electricitäten einander gegenſeitig vollkommen binden. Da dieſes aber in der Wirklichkeit nie der Fall ſeyn kann: ſo wird das durch das + E der Platte A hervorgerufene — E der Platte B ſchwächer ſeyn, und zwar deſto ſchwächer, je dicker die trennende Schichte iſt. Das ſchwächere — E von B wird durch das ſtärkere + E von A ganz gebunden; aber nicht ſo das ſtärkere + E von A durch das ſchwächere — E von B. An A iſt mithin ein Theil des + E frey. Wird aber dieſes ganz freye + E durch Berührung der Platte A abgenommen: ſo iſt nun das übrigbleibende + E ſchwächer als das gegenſeitige — E, es iſt mithin jetzt von dieſem letztern ein kleiner Antheil ganz frey und kann gleichfalls durch Berührung abgenommen werden, wodurch wieder dieſes — E ſchwächer wird als jenes + E u. ſ. w. Alles dieſes läßt ſich durch Verſuche zeigen; wir führen es aber hier einſtweilen bloß als eine Betrachtung an, weil die Erſcheinungen der ſogleich abzuhandelnden und auf dieſen Sätzen beruhenden Apparate ohnedieß die Beſtätigungen derſelben ſind. Dieſe Apparate ſind: der Condenſator, die electriſche Verſtärkung und der Electrophor. Übrigens iſt es gleichgültig, ob man ſich in dieſer Betrachtung die Electri-

citäten an den Oberflächen der leitenden Platten, oder an denen der trennenden nichtleitenden Schichte denken will. Denkt man ſich dieſelben anhaftend: ſo befinden ſie ſich an dem Nichtleiter, wie dieſes auch ſpätere Verſuche darthun werden.

Ausführlichere Erläuterung und Grundlage zu Rechnungen. Man bezeichne die Electricität der Platte A (mag ſie poſitiv oder negativ ſeyn) immer durch ein lateiniſches e, die entgegengeſetzte Electricität der Platte B durch ein griechiſches ε. Wäre die trennende Schichte zwiſchen A und B unendlich dünn: ſo wäre (wie bereits iſt erinnert worden) $e = \varepsilon$; da dieſes aber nicht der Fall iſt, ſo iſt ε kleiner als e. Dieſes kleinere ε wird von dem größern e ganz gebunden, nicht aber ſo das größere e durch das kleinere ε; es iſt mithin ein Theil von e ganz frey. Nennet man den durch ε gebundenen Theil e′, ſo iſt der freye Theil $= e - e'$. Wie groß e′ ſey, hängt von dem Verhältniſſe des e zu ε ab. Geſetzt, es verhalte ſich $e : \varepsilon = 1 : m$, wo m einen eigentlichen Bruch bedeutet $\left(\text{z. B. den} = \frac{99}{100}\right)$: dann iſt $\varepsilon = me$, und $me - \varepsilon = 0$. Es verhält ſich aber auch $\varepsilon : e' = 1 : m$, mithin iſt $e : e' = 1 : m^2$ alſo $e' = m^2 e$ (in dem angenommenen Beyſpiele $= \left(\frac{99}{100}\right)^2 e = \frac{9801}{10000} e$). Es iſt mithin der ganz freye Antheil von Electricität auf der Sammelplatte $= e - e' = e - m^2 e$ (in jenem Beyſpiele $= e - \left(\frac{99}{100}\right)^2 e$, nahe $= \frac{1}{50} e$). Nimmt man der Platte A dieſen freyen Antheil: ſo bleibt ihr nur das gebundene e′, welches auf B wieder bloß ε′ bindet, daher jetzt hier ein Theil von ε frey wird. Nimmt man dieſen: ſo wird auf A nur e″ gebunden u. ſ. w. Es iſt aber offenbar $e : \varepsilon = \varepsilon : e' = e' : \varepsilon' = 1 : m$. Mithin bilden dieſe Electricitäten die geometriſche abnehmende Reihe $e : em : em^2 : em^3 \ldots$, deren erſtes Glied e, und deren Exponent m iſt. Das Verhältniß $1 : m$ hängt aber ab von der mehr oder minder beträchtlichen Entfernung beyder Platten. Je größer dieſe, deſto größer iſt auch der Unterſchied von e und ε, mithin von ε und e′, e′ und ε′ u. ſ. w.

### Von dem Condenſator.

§. 891. Condenſator. — Mit dieſem Nahmen bezeichnet man einen Apparat, deſſen Beſtimmung es iſt, ſehr

geringe Spuren von Electricität, welche mittelſt eines gewöhnlichen Electroſcops (§. 881.) nicht mehr wahrnehmbar ſind, aufzuſammeln und dadurch wahrnehmbar zu machen. Er beruht auf den im vorigen §. 890. angegebenen Gründen, und beſteht (wie der dort bloß als Gegenſtand der Betrachtung gedachte Apparat) aus zwey leitenden, durch eine dünne nichtleitende Schichte getrennten Scheiben. Man erhält mithin einen ſehr einfachen Condenſator, wenn man auf eine nicht iſolirte Metallſcheibe U (Zeichn. 383.) drey kleine Stückchen Glas oder drey ſehr kleine Siegellacktröpfchen in die Lage der drey Winkel eines gleichſeitigen Dreyeckes legt, und darüber eine mit einem gläſernen Handgriffe verſehene zweyte Metallſcheibe S ſetzt; beyde ſind dann durch die nichtleitende Luftſchichte getrennt. U nennet man die Unterlage oder Baſis, S heißt die Sammelplatte, der Collector oder auch wohl der Deckel. Oder man überzieht ſowohl die Sammelplatte als die Unterlage an den einander zugekehrten Flächen mit einer ſehr dünnen Schichte eines iſolirenden Firniſſes. — Man kann übrigens auch die Sammelplatte bloß auf die ebene und glatte Fläche eines Halbleiters ſtellen, z. B. auf Marmor, Elfenbein, trockenes Holz u. d. m. Beym Gebrauche des Condenſators iſt es nöthig, daß beyde Flächen einander möglichſt parallel genähert und eben ſo von einander entfernt werden, und daß jede Reibung vermieden werde.

Der Condenſator, den man auch wohl den Micro-Electrometer nennt, wurde von Volta bereits im Jahre 1783 angegeben. Jene Angabe der drey Glasſtückchen iſt von Lichtenberg.

§. 892. Wirkung und Anwendung des Condenſators. Auch dieſe ergibt ſich aus der im §. 890. angeſtellten Betrachtung, dienet zugleich als Beſtätigung des dort angegebenen electriſchen Vorganges, und beſteht in Folgendem. Geſetzt, man vermuthe, irgend ein Körper erhalte durch eine gewiſſe Behandlung Electricität, obgleich er, an ein gewöhnliches Electroſcop gebracht, keine Divergenz der electroſcopiſchen Pendelchen bewirkt, weil ſeine Electricität dazu vielleicht zu ſchwach

iſt: dann läßt ſich die Wahrheit der Vermuthung mittelſt des Condenſators prüfen. Man unterwerfe nähmlich den in der Frage ſtehenden Körper jener Behandlung, und bringe ihn dann an den Deckel des Condenſators; man unterwerfe ihn nochmahls jener Behandlung, und bringe ihn neuerdings an den Deckel, ſo das dritte, vierte Mahl u. ſ. w.; er iſt hier als eine dauernde Quelle von ſchwacher Electricität anzuſehen. Man erhebe endlich den Deckel, und bringe ihn an ein Electrometer. War der Körper wirklich electriſirt: ſo werden die electroſcopiſchen Pendelchen aus einander gehen.

Auf ähnliche Weiſe verfährt man, wenn man finden will, ob irgend ein Naturprozeß mit Erregung von Electricität verbunden ſey. Als Beyſpiel diene hier der Prozeß der Verdünſtung. Man ſtelle ein kleines Metallgefäß mit einigen glimmenden Kohlen auf die Sammelplatte eines Condenſators; man bringe nun einige Tropfen Waſſers auf die Kohlen, es wird verdünſten; man bringe endlich die Sammelplatte an ein empfindliches Electroſcop.

§. 893. Die Electricität eines Körpers kann ſo ſchwach ſeyn, daß ſelbſt mit Hülfe des Condenſators nur ſehr geringe oder gar keine Spuren davon ſich äußern. Oft kann dieſe Electricität bemerkbar gemacht werden, wenn man die Sammelplatte eines größern Condenſators mit der eines kleinern in Berührung bringt, und dieſe kleinere dann auf das Electrometer wirken läßt.

Bequem iſt ein Condenſator, deſſen Sammelplatte mit dem Strohhalm- oder Goldblatt-Electroſcop ſelbſt (§. 881.) auf folgende Weiſe in Verbindung geſetzt wird. Es ſey Zeichn. 373. ein ſolches Electroſcop. Daran wird eine kupferne Scheibe m n, welche mit einem metallenen, in ein Kügelchen ſich endenden Drahte p o verſehen iſt, angebracht, und in r mittelſt einer Schraube befeſtigt, ſo, daß ſie mit den electroſcopiſchen Pendelchen in Verbindung ſteht. Auf dieſe Scheibe wird eine gleiche s t, mit einer gläſernen Handhabe h verſehene, geſetzt. Die Scheibe s t kann mittelſt eines Metallſtreifchens a b c entweder mit der Erde oder mit dem Boden des Electroſcops verbunden werden. Hier iſt nähmlich dieſe obere Scheibe s t die Baſis, die mit dem Electroſcop verbundene m n aber die Sammelplatte. Die Oberflächen der Scheiben müſſen gut polirt, und mit einer dünnen Schichte Lackfirniß überzogen ſeyn. — Der

Gebrauch des Apparates iſt folgender. Man verbindet die Scheibe s t mit dem Boden d d des Electroſcops, oder man berührt ſie mit dem Finger, doch ſo, daß die Scheibe m n unberührt bleibe. Dann bringt man den Körper, deſſen ſchwache Electricität man unterſuchen will, mit dem Kügelchen o in Berührung, und hebt endlich die Scheibe s t mittelſt der Handhabe h auf. Sogleich wird die Divergenz der Pendelchen Electricität anzeigen. — Wenn aber die Electricität des zu unterſuchenden Körpers beſonders gering iſt: ſo muß dieſer Körper nach der erſten Berührung neuerdings in den Zuſtand verſetzt werden, in welchem man glaubt daß er electriſirt ſey, und man nähert ihn dann wieder dem Sammler. Erſt nach mehreren Wiederhohlungen ſolcher Berührungen wird die Scheibe s t aufgehoben.

Bequem für manche Verſuche iſt auch ein Condenſator, deſſen beyde Metallſcheiben auf einem Geſtelle vertical befeſtigt ſind, wie die Zeichn. 384. es angibt. Die Sammelplatte a wird, um iſolirt zu ſeyn, von einer Glasröhre g getragen, die andere Scheibe b aber von einem Metallſtänglein. Man kann die Einrichtung treffen, daß ſie einander mehr oder weniger genähert werden können, und die nicht iſolirte ſich mittelſt eines Scharniers umlegen läßt. Das Übrige iſt ein Electroſcop. Durch die Glasröhre g nähmlich geht von der Sammelplatte a ein Metallſtäbchen s, woran ein Goldblattſtreifen e angeklebt iſt, der durch Electriſirung ſich von dem Stäbchen s zu entfernen ſucht. Dieſe electroſcopiſche Vorrichtung befindet ſich in dem vierkantigen Glasgehäuſe A B; und das Ganze iſt an eine Metallplatte C D befeſtigt, die durch Stellſchrauben horizontal geſtellt wird. Dieſer Apparat iſt von Parrot angegeben.

Man hat auch verſchiedene zuſammengeſetzte Condenſatoren vorgeſchlagen und angefertigt; doch geben die einfacheren Apparate die ſicherſten Reſultate, daher wir jene hier übergehen. Überhaupt iſt in practiſcher Beziehung ein Condenſator jetzt weniger wichtig, als er es in früheren Zeiten war, indem nun durch den ſogenannten Multiplicator (von welchem in der Lehre vom Electromagnetismus die Rede ſeyn wird) die Magnetnadel zu dem feinſten Electroſcope geworden iſt.

### Von der electriſchen Verſtärkung.

§. 894. Eine electriſche Verſtärkung erhält man, wenn man eine ebene Glasplatte auf beyden Seiten mit Zinnfolie (oder andern Metallplättchen) ſo belegt, daß an jeder

Seite ein unbelegter Rand übrig bleibt, um die Belegungen hinreichend zu trennen. Man nennet einen ſolchen Apparat eine Franklin'ſche Tafel. Der Bequemlichkeit wegen aber bedient man ſich gewöhnlich als electriſcher Verſtärkung eines cylindriſchen Glaſes, deſſen beyde Oberflächen (die innere nähmlich und die äußere) mit einem dünnen, ſehr gut leitenden, mithin metalliſchen Körper (z. B. mit Stanniol) ſo bedeckt ſind, daß gleichfalls am Rande beyder Oberflächen ein gewiſſer Raum unbedeckt bleibt. In dieſem Glascylinder wird eine Metallſtange befeſtigt, welche daraus hervorragt, mit dem einen Ende die innere Belegung berührt, an dem andern aber mit einer kleinen Kugel, welche man den Knopf nennet, verſehen, auch wohl in einen Haken gekrümmt iſt. Dieſe Stange dienet bloß zur Bequemlichkeit, um die äußere Belegung mit der inneren leicht in leitende Verbindung zu ſetzen; man braucht nähmlich nur einen guten Leiter, z. B. einen Metalldraht, mit dem einen Ende an die äußere Belegung zu ſetzen, und mit dem andern den Knopf zu berühren. Eine Abbildung dieſes Apparates in ſeiner gewöhnlichen Geſtalt gibt die Zeichn. 385. Beſſer noch als Glascylinder eignen ſich dazu, ihrer mehr gleichförmige Dicke wegen, ſogenannte Glasſtürze, dergleichen man zur Abhaltung von Staub über verſchiedene Gegenſtände zu ſtellen pflegt. Die Zeichn. 386. ſtellet einen ſolchen belegten Glasſturz im Aufriſſe ſammt Geſtell, die Zeichn. 387. im Durchſchnitte und ohne Geſtell vor. A A bezeichnet das Glas ſelbſt, BB die äußere Belegung, CCCC die innere, A m den von Belegung freyen Rand, DE die mit der Kugel D verſehene hervorragende Stange. Dieſe Stange geht (um aufrecht erhalten zu werden) gewöhnlich durch eine in s angebrachte Scheibe aus Pappe. — Um den unbelegten Rand vor Feuchtigkeit zu ſichern, überzieht man ihn mit Siegellack oder einem Firniſſe.

Eine beſtimmte Geſtalt iſt überhaupt nicht nothwendig, jede Flaſche kann allenfalls zu dieſem Zwecke angewendet werden, daher auch der Nahme Verſtärkungsflaſche. Eine ſolche gibt die Zeichn. 388.

Die Verſtärkungsflaſche wird auch die Kleiſtiſche genannt, oder auch die Leidener Flaſche. Die erſte Benennung hat ſie erhalten, weil v. Kleiſt, Dechant des Capitels zu Kamin in Pommern,

im Jahre 1745 am 11. October zuerſt den electriſchen Stoß beob=achtet hat. Der zweyte Nahme wurde dieſem Apparate beygelegt, weil faſt zu gleicher Zeit dieſelbe Entdeckung zu Leiden von Cunäus und Muſhenbroeck iſt gemacht worden. Man wollte nähmlich Waſſer in einem Glasgefäße electriſiren; die Funken wurden durch einen Metallſtab in das mit der Hand gehaltene Glas geleitet. Natürlicher Weiſe erfolgte eine Erſchütterung, als der Stab durch die andere Hand gefaßt wurde, um herausgenommen zu werden. Das Waſſer erſetzte hier die innere, die an der äußern Fläche angelegte Hand die äußere Belegung. Auf ähnliche Weiſe wollte Kleiſt Eiſenfeile in einem Glasgefäße electriſiren, und machte dieſelbe Entdeckung.

§. 895. Ladung der electriſchen Verſtärkung. Man ſagt, eine Verſtärkung werde geladen, wenn deren innere Belegung mittelſt der hervorragenden Metallſtange mit dem Conductor einer in Wirkſamkeit geſetzten electriſchen Maſchine in Verbindung gebracht wird, während die äußere Belegung mit dem Erdboden in leitender Verbindung ſteht, welches Letzter nothwendig iſt.

Bringt man eine Verſtärkung in die Nähe, aber nicht in die Berührung des Conductors, und läßt auf den Knopf derſelben Funken überſchlagen: ſo werden dieſe (während die Scheibe gedreht wird) immer weniger lebhaft; endlich hören ſie auf überzugehen. Nun iſt die Flaſche geladen.

§. 896. Entladung der Verſtärkung. Sie wird entladen, wenn die äußere Belegung mittelſt eines oder mehrerer leitender Körper mit der innern Belegung in Verbindung geſetzt wird. Mit Heftigkeit erſcheint zwiſchen dem Knopfe und dem genäherten Leiter ein electriſcher Funke, und wird von einem kleinen Knalle begleitet. Der zur Entladung angewendete Körper wird die Entladungskette, auch wohl der Erſchütterungskreis genannt. Der letztere Nahme kommt daher, weil man eine heftige Erſchütterung erhält, wenn man die Flaſche mittelſt des eigenen Körpers entladet. Man berührt zu dieſem Ende zuerſt mit der einen Hand die äußere Belegung, und dann mit der andern den hervorragenden Draht der Flaſche. Um aber dieſe Erſchütterung zu vermeiden, pflegt man zur be=

quemen Entladung ſich eines Apparates zu bedienen, den man eben deßhalb den **Auslader** nennt. Er beſteht aus einer oder auch zwey gläſernen Handhaben h (Zeichn. 389.), mit welchen zwey metallene Schenkel m und n verbunden ſind, die nach Art eines Zirkels geöffnet werden können. Dieſe Schenkel enden ſich in D und E in Spitzen, an welchen Metallkügelchen angebracht ſind, die aber auch abgenommen werden können.

**Der allgemeine Auslader von Henly.** Dieſer Apparat, der in mehreren Fällen eine bedeutende Bequemlichkeit gewährt, beſteht aus zwey gläſernen Röhren a b und c d (Zeichn. 390.), welche in n und f eine meſſingene Faſſung haben. Mitten durch beyde Faſſungen gehen bewegliche meſſingene Drähte m n und m′ n′, ſo, daß ſie einander genähert oder entfernt werden können; in der Mitte befindet ſich ein gläſernes Tiſchchen T, welches erhöht und erniedrigt werden kann. Der Körper, durch welchen man die electriſche Entladung leiten will, wird auf das Tiſchchen gelegt. — Man hat ferner kleine Preſſen und andere dergleichen Vorrichtungen, um verſchiedene Körper über dem Tiſchchen zwiſchen n und n′ zu befeſtigen. Den Gebrauch des Apparates erſieht man aus der Zeichnung.

§. 897. **Haupterſcheinung an der geladenen Verſtärkung.** Dieſe beſteht darin, daß, wenn **der innern Oberfläche** + E **mitgetheilt wird, die äußere Oberfläche** — E bekommt, und umgekehrt. Daß ſich dieſes wirklich ſo verhalte, läßt ſich auf verſchiedene Weiſe leicht wahrnehmen; auffallend zeigt es folgender Verſuch. Man electriſire eine Verſtärkung auf die gewöhnliche Art poſitiv, dann ergreife man die äußere Belegung, und berühre einige Puncte einer glatten Harzfläche mit dem Knopfe, oder mache beliebige Züge darauf, etwa als ob man Buchſtaben zeichnen wollte. Man beſtreue die berührten Stellen mit Schwefelblumen, ſogleich werden jene Figuren erſcheinen, welche die poſitive Electricität bezeichnen (§. 876.). Man ſtelle nun die Verſtärkung auf ein Iſolirgeſtelle, faſſe ſie dann beym Knopfe, und ſchreibe auf dieſelbe Weiſe mit dem Rande der äußern Belegung. Streut man jetzt auf dieſelbe Art Mennigſtaub auf die Harzfläche: ſo werden die der negativen Electricität zukommenden Figuren entſtehen.

Man kann auch die innere Fläche einer Verſtärkungsflaſche durch einen

poſitiv electriſirten Conductor negativ electriſiren, wenn man die Flaſche am Knopfe faßt, und mit der äußern Belegung die Funken auffängt. Auf dieſe Weiſe wird an der äußern Oberfläche der Flaſche + E erſcheinen, an der innern — E. Will man nun die äußere Fläche anfaſſen, um mit dem Knopfe zu ſchreiben: ſo muß die Flaſche früher auf ein Iſolirgeſtelle geſetzt werden. Man kann indeſſen bey einer kleinen Flaſche dieſes auch ſo erreichen, daß man die Flaſche aus der Hand, in welcher der Knopf derſelben gehalten wird, durch die Luft fallen läßt, und ſie im Fallen mit der andern Hand auffängt. Die Luft iſt hier der Iſolator.

§. 898. **Mittelbare Erſcheinungen, welche man bey der Entladung der Verſtärkung zu beobachten pflegt. — Wir merken als Beyſpiele einer heftigen Wirkungen einſtweilen nur folgende an: 1) Wenn der leitende Körper, welcher bey der Entladung die beyden Oberflächen der Verſtärkung verbindet, durch einen oder mehrere Zwiſchenräume unterbrochen iſt: ſo erſcheint in jedem Zwiſchenraume ein electriſcher, mit einem Knalle begleiteter Funke. Wenn daher die Entladung durch eine metallene Kette geſchieht: ſo erſcheint die ganze Kette im Dunkeln leuchtend, weil zwiſchen den einzelnen Gliedern derſelben wenigſtens kleine Räume ſich befinden, welche der electriſche Funke durchbrechen muß. — 2) Solch ein Funke vermag brennbare Körper anzuzünden (z. B. aufgelockerte, mit feinem Harzſtaub beſtreute Baumwolle). — 3) Wenn der electriſche Schlag durch ſchlecht leitende Körper zu gehen gezwungen wird: ſo werden dieſe Körper durchlöchert, auch wohl zerſprengt. So z. B. wird ein Kartenblatt durch denſelben durchlöchert. Merkwürdig iſt es, daß der Rand des Loches an beyden Seiten ſich erhoben zeigt. — 4) Wenn durch einen oder mehrere Menſchen, die ſich mitſammen verbinden, die Entladung vor ſich geht: ſo fühlt jeder die ſchon oben erwähnte electriſche Erſchütterung. Soll die Entladung durch einen Menſchen geſchehen: ſo muß er zuerſt mit der einen Hand die äußere Belegung der geladenen Flaſche berühren, dann die andere Hand dem Knopfe derſelben nähern. Damit aber der electriſche Schlag mehreren mitgetheilt werde, müſſen alle, die ihn empfinden wollen, ſich gegenſeitig bey den Händen halten;**

der erſte berührt dann mit der freyen Hand die äußere Belegung, der letzte aber nähert ſeine freye Hand dem Knopfe. — Man fühlt die Erſchütterung in der Hand, im Arme, bisweilen ſogar auch in der Bruſt. Das Gefühl der Erſchütterung ſelbſt kann nicht beſchrieben werden, welches von jeder beſondern Empfindung gilt.

Wenn mehrere den Erſchütterungskreis bildende Menſchen auf einem feuchten Boden ſtehen: ſo fühlen oft nur Wenige, die an den Enden des Kreiſes ſich befinden, die Erſchütterung, die in der Mitte befindlichen aber verſpüren ſie nicht. Wahrſcheinlich geht hier die Entladung zum Theil durch den feuchten Boden.

§. 899. **Nähere Betrachtung der Erſcheinungen nebſt Erklärung derſelben.** Nach §. 897. beſteht die Grunderſcheinung darin, daß, wenn die innere Fläche + E erhält, die äußere immer — E bekomme, und umgekehrt. Dieſes geſchieht nach dem Geſetze der electriſchen Vertheilung (§. 378.). Doch iſt zur näheren Beſtimmung noch Folgendes beyzufügen.

1) Die Electricität, welche die innere Fläche erhält, wird (nach §. 890.) durch die an der äußern Fläche entſtehende entgegengeſetzte zum Theil gebunden, und eben dadurch kann eine größere Menge derſelben ſich hier anhäufen, als es ſonſt der Fall wäre. Man ſieht dieſes auch deutlich aus nachſtehendem Verſuche. Setzt man auf den Conductor das Quadrantenelectrometer (§. 881.): ſo ſteigt das Pendelchen (je nachdem die Maſchine mehr oder wenig wirkſam iſt) oft ſchon bey einem kleinen Theile der Umdrehung der Scheibe auf die größte Höhe, die es zu erreichen pflegt. Wird eine iſolirte Verſtärkung mit dem Conductor verbunden: ſo findet beynahe dasſelbe Statt. Wird aber die äußere Belegung mit dem Erdboden verbunden: ſo ſteigt das Pendelchen nur langſam und erreicht die größte Höhe erſt nach mehreren Umdrehungen, deren eine deſto größere Anzahl erfordert wird, je größere Oberflächen die Belegungen der Verſtärkung haben.

2) Die Electricität der äußern Fläche wird von der ſtärkeren Electricität der inneren Fläche vollkommen gebunden; ſie äußert daher gegen einen genäherten Körper keine Wirkung, gibt keine Funken ꝛc.

3) Die Electricitäten beyder Oberflächen müßten gleiche

Stärke haben und einander wechſelsweiſe **vollkommen** binden, wenn der trennende Nichtleiter unendlich dünn wäre (§. 890.); da dieſes aber nicht der Fall iſt: ſo iſt immer die eine etwas ſtärker. Urſprünglich iſt es, wie aus dem Verſuche von Nr. 1. erhellet, die der inneren mit dem Conductor in Verbindung ſtehenden Fläche. Man erhält auch aus ihr einen kleinen Funken, wenn man die geladene Verſtärkung auf ein iſolirendes Geſtelle bringt, und dem Knopfe einen Leiter nähert. Man nähere aber **nachher** einen Leiter der **äußern** Belegung, und man erhält nun auch hier einen Funken; mithin wird jetzt **hier** ein Theil der Electricität frey. Nun kann man wieder aus dem Knopfe einen Funken ziehen, dann wieder aus der äußern Belegung u. ſ. w.

4) Je ſtärker die Electricitäten beyder Oberflächen durch fortgeſetztes Electriſiren werden, deſto ſtärker iſt ihr Beſtreben einander aufzuheben. Werden mithin beyde Belegungen mit einander leitend verbunden: ſo geſchieht nothwendiger Weiſe die Vereinigung des + E und — E mit Heftigkeit. In dieſer Vereinigung beſteht eben die Entladung der Verſtärkung, und aus derſelben erklären ſich alle Wirkungen derſelben.

5) Hat die Ladung eine ſolche Stärke erreicht, daß der electriſche Strom die Luft von einer Belegung zur andern durchbrechen kann: ſo wird ſie durchbrochen. Man nennet dieſes eine **Selbſtentladung**. Iſt dieſer Raum zu groß, und hat die Ladung diejenige Höhe erreicht, daß die das + E und — E trennende Glasplatte die Entladung nicht mehr hemmen kann: ſo wird das Glas durchbrochen. Die Verſtärkung iſt aber dann für eine fernere Ladung unbrauchbar.

**Erklärung der Ladung und Entladung nach den beyden Hypotheſen.** — Dieſe hat keine Schwierigkeit; man braucht nur überall, wo wir in der Darſtellung des **Thatſächlichen** uns der Ausdrücke + E und — E bedient haben, nach der einen Hypotheſe von Überfluß und Mangel, nach der andern von der freyen poſitiv und negativ electriſchen Materie zu ſprechen.

Je ſchwächer die Ladung einer Flaſche iſt, deſto kleiner iſt die Schlagweite, deſto näher muß der mit der äußern Belegung verbundene Auslader dem Knopfe gebracht werden, wie ſich von ſelbſt verſteht. Darauf gründet ſich das ſogenannte **Auslade-Electrometer**,

ein Apparat, der dazu dient, eine und dieſelben Flaſche immer auf denſelben beliebigen Grad zu laden, welches bey mancherley Verſuchen eine Anwendung haben kann. Er wird in der Zeichn. 391. vorgeſtellt: a b iſt eine gewöhnliche Verſtärkungsflaſche; c d eine gläſerne, mittelſt des Ringes e mit der Flaſche verbundene Röhre; m n ein mit der Kugel m und dem Haken n verſehener Metallſtab, der ſo bewegt werden kann, daß er ſich der Kugel u nähern, und von ihr entfernen läßt; n o und p q ſind Metallketten. Wenn dieſe Ketten verbunden werden: ſo ſind beyde Belegungen (wie jedermann ſieht) nur durch den zwiſchen u und m befindlichen Raum getrennt. Sobald nun die Flaſche auf den Grad geladen iſt, daß der electriſche Funke durch den Raum u m überſpringen kann: ſo wird er überſpringen; die Flaſche wird ſich alſo ſelbſt entladen, und der Intenſitätsgrad der Ladung wird immer derſelbe ſeyn. Man kann aber einen geringern Grad haben, wenn man die Kugel m der Kugel u mehr nähert. — Wenn man mit der einen Hand die Kette n o, mit der andern die Kette p q hält: ſo wird man eine electriſche Erſchütterung verſpüren, und zwar (ſo oft die Wiederhohlung geſchieht) immer eine gleich ſtarke.

§. 900. **Vergleichung der electriſchen Verſtärkung mit dem Condenſator.** — Man ſieht aus dem Vorhergehenden, daß die Verſtärkung ein **Condenſator** iſt **für ſtärkere Electricitäten**, nur mit dem Unterſchiede, daß die Electricitäten bey der Verſtärkung nicht nur an den Belegungen, ſondern vorzüglich an dem Glaſe ſelbſt haften, und die Belegungen bloß dazu dienen, eine leitende Verbindung zwiſchen allen Puncten der Glasflächen und demjenigen Körper herzuſtellen, von dem ſie Electricität erhalten, oder an den ſie dieſelbe abgeben ſollen. Daß die Ladung wirklich an dem Glaſe hafte, läßt ſich durch Verſuche mit einer Verſtärkung zeigen, deren Belegungen ſich abnehmen laſſen. Werden ſie mittelſt eines nichtleitenden Körpers abgenommen: ſo höret das Glas deſſen ungeachtet nicht auf electriſirt zu ſeyn; es kann, wenn ihm neuerdings dieſelben, oder auch neue Belegungen angelegt werden, noch entladen werden.

Belegungen einer Verſtärkung beweglich zu machen, dient ein aus Pappe verfertigter, mit Stanniol überzogener Becher, in welchen ein Glasſturz loſe paßt, und ein ähnlicher Becher, der in den Glas-

ſturz paßt. Jener dienet als äußere, dieſer als innere Belegung. In der Mitte des letzteren kann eine hinlänglich lange Glasröhre befeſtigt werden, um ihn iſolirt anzufaſſen; durch dieſe kann der Leitungsdraht hindurchgehen.

Belehrende Verſuche an einem eigenen Apparate. — Die an der Verſtärkung erſcheinenden Electricitäten laſſen ſich auch bequem mittelſt zweyer Metallplatten und einer etwas größeren Glastafel beobachten. Es iſt dieſes eine Franklin'ſche Tafel (§. 894) mit beweglichen Belegungen. Eine der Metallplatten B (Zeichn. 392.) liege auf einem iſolirenden Geſtelle F, auf die Platte B werde die Glastafel G gelegt und auf dieſe die Metallplatte A, welche mit einem iſolirenden Handgriffe H verſehen iſt. 1. Wird die Platte A poſitiv electriſirt: ſo hat die Platte B ebenfalls + E, ſo lange ſie iſolirt iſt, weil das nahe + E abgeſtoßen wird (§. 878.). 2. Wird aber B mit dem Erdboden in leitende Verbindung gebracht, während A mit + E electriſirt wird: ſo erhält B den entgegengeſetzten Zuſtand, nähmlich — E. 3. Wird B berührt und dann A: ſo erhält man einen Erſchütterungsfunken. 4. Man lade nochmahls den Apparat, indem man B mit dem Erdboden leitend verbindet. Man hebe die Platte A auf und benehme ihr durch Berührung ihre Electricität. Man faſſe jetzt die Glasplatte am Rande, hebe ſie empor und benehme nun auch der Metallplatte B durch Berührung ihre Electricität. Man lege dann wieder die Glasplatte über B, und die Metallplatte A auf die Glasplatte. Berührt man jetzt B und dann A: ſo erhält man gleichfalls eine Erſchütterung wie in 3.

§. 901. Rückſtand. — Aus der Anhaftung der Electricitäten an dem Glaſe erkläret ſich auch der ſogenannte Rückſtand. Nach der Entladung einer Verſtärkung haben nähmlich beyde Flächen noch einige Electricität, weil das Glas (als ſchlechter Leiter) nicht alle Electricität auf einmahl abgibt. Es kann mithin die Verſtärkung nochmahls entladen werden, und oft noch mit einer bedeutenden Wirkung. Bisweilen iſt auch die dritte, vierte ꝛc. Entladung noch wahrnehmbar, obgleich immer ſchwächer. — Bey großen Verſtärkungen iſt dieſer Rückſtand wohl zu beachten, damit man nicht eine unerwartete, und oft beträchtliche Erſchütterung erhalte.

§. 902. Electriſche Batterie. Die Größe der Wirkung einer Verſtärkung iſt bey demſelben Grade der Ladung (der

Erfahrung zu Folge) deſto beträchtlicher, je größer die geladene Fläche iſt. Man ſucht demnach, um ſehr große Wirkungen zu erhalten, den Verſtärkungen eine große Oberfläche zu geben. Dieſes wird auch erreicht, wenn ſowohl die äußern als die innern Belegungen mehrerer Flaſchen mit einander verbunden werden; denn alsdann werden, wenn eine derſelben geladen wird, alle geladen, wenn eine entladen wird, alle entladen, und eine ſolche Sammlung von Verſtärkungsflaſchen gibt dieſelbe Wirkung, die eine Flaſche geben würde, deren geladene Oberfläche der Summe der geladenen Oberflächen aller verbundenen Flaſchen gleich wäre; die letzteren gewähren aber eine größere Bequemlichkeit. Eine ſolche Sammlung von Verſtärkungen pflegt man eine electriſche Batterie zu nennen. Die Z. 393. ſtellt eine ſolche vor.

Die Verbindung der äußern Oberflächen erhält man, wenn man alle dieſe Flächen auf eine und dieſelbe leitende Fläche ſtellt. Zu dieſem Zwecke pflegt man ſich eines Kaſtens zu bedienen, deſſen Boden mit Stanniol bedeckt iſt. Die Verbindung der innern Oberflächen erhält man, wenn ein Metalldraht durch die durchbohrten Knöpfe derjenigen Flaſchen gezogen wird, welche in derſelben Reihe ſtehen; die einzelnen Reihen werden wieder durch in die Quere gelegte Metallſtänglein verbunden. — Um die Entladung bequem zu bewirken, ragt durch eine Öffnung des Kaſtens der Batterie ein mit einer Kugel verſehener Metalldraht m hervor, welcher mit dem Stanniol des Kaſtenbodens in Verbindung ſteht. Dieſer wird, etwa mittelſt einer Kette, mit dem einen Ende des Ausladers verbunden, das andere Ende des letztern aber dem Knopfe einer von den verbundenen Flaſchen genähert. — Daß man auch mehrere Batterien mit einander verbinden könne, iſt von ſelbſt klar. — Bemerkenswerth iſt es, daß die Kraft einer Batterie bedeutend vermehrt werde, wenn vor der Ladung derſelben in jede Flaſche gehaucht wird, damit der innere nicht belegte Rand dadurch etwas feucht werde. (S. Gilb. Ann. der Phyſ. Bd. III. S. 3.)

§. 903. Folgerungen. — Aus der Erklärung der Ladung und Entladung (§. 899.) ergeben ſich nun von ſelbſt alle übrigen an der electriſchen Verſtärkung wahrnehmbaren Erſcheinungen.

I. Fürs erſte erhellet daraus, daß eine vollkommen iſolirte Verſtärkung nicht könne geladen werden (§. 895!).

Indeſſen wird ſie nicht leicht vollkommen iſolirt. Am beſten erreicht man dieſes noch, wenn eine Verſtärkung an dem Conductor aufgehangen wird, wie es die Zeichn. 394. angibt.

§. 904. II. Eben ſo ergibt ſich von ſelbſt, warum aus der äußern Belegung einer iſolirten Verſtärkung, deren Knopf in einer kleinen Entfernung vom Conductor ſich befindet, eben ſo viele Funken auf einen genäherten Leiter überſpringen, ſo viele vom Conductor in den Knopf (mithin in die innere Belegung) übergehen.

Mit dieſer Erſcheinung hängt die zuſammen, daß mittelſt einer iſolirten Verſtärkung, welche mit dem Conductor in Verbindung iſt, eine zweyte nicht iſolirte geladen werden könne. — Iſt dieſe auch iſolirt: dann kann auf dieſelbe Weiſe auch eine dritte geladen werden, dann eine vierte u. ſ. f. Doch iſt die Electricität der zweyten ſchwächer, noch ſchwächer die der dritten ꝛc. Dasſelbe gilt ebenfalls von mehreren über einander gelegten Franklin'ſchen Tafeln. Man hat ſie auch eine electriſche Säule genannt.

§. 905. III. Gleichfalls iſt von ſelbſt einleuchtend, daß eine geladene und vollkommen iſolirte Verſtärkung nicht entladen werde, wenn bloß die eine oder die andere Belegung mit dem Erdboden in leitende Verbindung gebracht wird. Nach und nach indeſſen wird (nach §. 899.) ihre Ladung immer ſchwächer, wenn abwechſelnd bald die innere, bald die äußere Oberfläche derſelben berührt wird.

Auch verliert, weil die Luft kein vollkommener Iſolator iſt, eine geladene Verſtärkung nach und nach von ſelbſt ihre Ladung.

Gleichfalls wird eine Verſtärkung allmählich und ohne Schlag entladen, wenn der äußern ſowohl als der innern Belegung eine Spitze entgegengehalten wird. Dieſes erklärt ſich aus §. 887.

Hierher gehört zum Theil der Verſuch, den man die electriſche Spinne zu nennen pflegt. An die äußere Belegung einer Verſtärkung f (Zeichn. 395.) wird nähmlich ein mit einer Kugel k verſehener Draht angebracht, und ſo gebogen, daß die Kugel k von dem Knopfe h etwas entfernt iſt. Wird die Verſtärkung geladen, und dann ein Korkkügelchen m zwiſchen h und k auf einen Seiden-

faden aufgehangen: ſo oſcillirt es zwiſchen h und k, und entladet allmählich die Verſtärkung. Der Beluſtigung wegen gab man dieſem Korkkügelchen die Geſtalt einer Spinne, daher der Nahme.

§. 906. IV. Wenn aber bloß der Knopf einer nicht iſolirten Verſtärkungsflaſche berührt wird: ſo wird die Flaſche ebenfalls entladen. Hier kann nämlich ſowohl die innere Fläche ihr + E, als auch die äußere ihr — E abgeben; in dem Maße, als jenes davon gehet, gehet auch dieſes an die Umgebung verloren. — Die Funken, welche man auf dieſe Weiſe erhält, ſind mit einem Ziſchen begleitet, und bewirken ſtatt der Erſchütterung eine eigene widrige Empfindung. Man hat ſie ſchneidende Funken genannt. — Die Entladung wird hier durch die ſchlechte Leitungskraft der mit der äußern Belegung verbundenen Umgebung verzögert. — Man erhält demnach ähnliche Funken, wenn irgend ein ſchlechter Leiter (z. B. eine angefeuchtete ſeidene Schnur) in die Entladungskette gebracht wird.

Die auf die letztere Weiſe hervorgelockten Funken vermögen ſolche entzündliche Körper zu entflammen, die von dem Erſchütterungsfunken gewöhnlich nicht entzündet werden, z. B. Zunderſchwamm und frey liegendes Schießpulver. Der Grund dieſer Wirkung ſcheint eben in der Verzögerung der Entladung zu liegen.

§. 907. Anwendungen. Man hat der electriſchen Verſtärkungen ſich bedient, um das Leitungsvermögen verſchiedener Körper zu erfahren. Zu dieſem Ende brachte man jeden in der Frage ſtehenden Körper in die Entladungskette (§. 896.), und beobachtete, ob durch ihn die Entladung geſchehe oder nicht; dann ob ſie mehr oder minder vollkommen ſey, mithin ein größerer oder kleinerer Rückſtand (§. 901.) überbleibe.

Ferner hat man mittelſt dieſes Apparats viele der Wirkungen kennen gelernt, welche die Electricität in verſchiedenen Körpern hervorbringt. Auch dieſe Körper werden in die Entladungskette gebracht. — Wir werden von denſelben eigens ſprechen. — Auch aus dieſen Wirkungen, welche verſchiedene Leiter in dem Entladungskreiſe erfahren, hat man auf ihre Leitungsfähigkeit geſchloſſen, z. B. bey Metallen aus der Länge der aus

verſchiedenen Metallen verwendeten gleich dicken Dräthe, die durch gleich ſtarke Ladung glühend oder geſchmolzen werden. — Noch beſſere Methoden zu dieſem Zwecke werden bey der Lehre von der durch Berührung erregten Electricität vorkommen.

Endlich hat man mittelſt der Verſtärkungen den Satz feſtgeſtellt, daß die Electricität bey einer Entladung in der Regel immer den beſten Leiter wähle (wie es ſich denn wohl von ſelbſt verſteht), daß ſie indeſſen dennoch manchmahl einen Leiter zum Theil verlaſſe, wenn er die ganze Fülle der Thätigkeit (entweder wegen ſeiner Kleinheit oder anderer Umſtände wegen) nicht zu faſſen vermag. Dann überſpringt ein Theil der Ladung, als Funke, wohl auch durch die Luft. Man hat dieſes ſo auszudrücken geſucht: die Electricität wählt bey einer electriſchen Entladung immer den Weg des mindeſten Widerſtandes.

Um das Leitungsvermögen zweyer Körper zu vergleichen, gibt man ihnen gleiche Längen und Oberflächen, und bringt ſie nach einander in die Entladungskette. Durch welchen die Entladung einer und derſelben auf denſelben Grad geladenen Flaſche vollſtändiger geſchieht (nach welcher Entladung nämlich der Rückſtand (§. 901.) kleiner iſt), der iſt der beſſere Leiter. Um aber die Rückſtände zu vergleichen, hat man ſich des (im §. 899. Zuſ.) beſchriebenen und in der Zeichn. 391. abgebildeten Auslade-Electrometers bedient. Bey der Ladung der Flaſche nähmlich wird das Kügelchen m von dem Knopfe u ſo weit als möglich entfernt; nach geſchehener Entladung aber wird n mit der äußern Belegung verbunden, und nun durch Umdrehung der Schraube m n die Kugel m dem Knopfe u genähert. Je näher ſie ihm kommen muß, um den Funken des Rückſtandes zu erhalten, deſto kleiner war der Rückſtand, deſto vollkommner die erſte Entladung.

Entladung durch mehrere Wege. Wenn ein Menſch mit beyden Händen einen Metalldraht hält, und mit dem einen Ende desſelben die äußere Belegung, mit dem andern Ende den Knopf der Flaſche berührt: ſo geſchieht die Entladung bloß durch den Draht, als den weit beſſern Leiter. Bey ſtarken Ladungen großer Batterien indeſſen kann wohl auch die Perſon überdieß einen Erſchütterungsſchlag erhalten; dann geſchieht die Entladung durch zwey Wege. Daher gibt man, der Sicherheit wegen, dem Auslader einen iſolirenden Handgriff. — Nimmt man ſtatt jenes Drahtes ein Stück trockenes Holz zur Entladung der Flaſche: ſo erhält man eine Erſchütterung; das Holz iſt hier der ſchlechtere Leiter. — Nimmt man

zu demſelben Verſuche eine Metallkette, und zieht ſie ſtark an: ſo erhält man nicht leicht eine Erſchütterung; wohl aber, wenn die Kette ſchlaff hängt, ihre Glieder einander demnach nicht innig berühren.

Richtung des electriſchen Stromes. Man hat ſich auch der Verſtärkungsflaſchen zu Anſtellung von Verſuchen bedient, mittelſt deren ſich dieſe Richtung bey der Entladung ſollte nachweiſen laſſen, um daraus auf den Vorzug der einen oder andern aus den beyden Hypotheſen zu ſchließen. Hierher gehört die Durchbohrung des Kartenblattes, an dem das Loch auf beyden Seiten einen erhabenen Rand hat (§. 898.), welche Erſcheinung die Dualiſten zu ihren Gunſten anführen. Die Unitarier bemerken dagegen, es könne auch der Druck einer einzigen ausdehnſamen Materie dieſelbe bewirken; ſie könne aus der Expanſivkraft dieſer Materie, die an jeder Stelle des Durchganges wirkſam iſt, erklärt werden. Man hat übrigens in dieſer Beziehung noch mancherley Verſuche angeſtellt, davon manche mehr für die eine, manche mehr für die andere Anſicht zu ſprechen ſchienen. Ein merkwürdiger (von Ekmark angeſtellt) iſt der folgende. Er beſtaubte eine an der untern Fläche mit Stanniol belegte Glastafel mit wohlgetrockneten Schwefelblumen; dann ſtellte er auf dieſen Staub zwey gleiche Verſtärkungsflaſchen, aus denen die eine poſitiv, die andere negativ in gleichem Grade geladen war, in der Entfernung von etwa 2 Zoll von einander. Er verband nun ihre innern Belegungen. So wurde die eine durch die andere entladen, und zwiſchen den beyden äußern Belegungen mußte auch ein Übergang Statt finden. Um die poſitive Belegung erſchienen die Figuren des + E, um die negative die des — E; in der Mitte zeigte ſich ein großer runder Fleck, und zwiſchen dieſem und den Figuren beyderſeits ein Weg von der Breite eines Gänſekiels, von dem alle Schwefelblumen weggekehrt waren. Ähnliche Verſuche von Ekmark ſ. Gilb. Ann. Bd. XXIII. S. 431.

Geſchwindigkeit der Electricität. Auch dieſe hat man zu beſtimmen geſucht, indem man die zur Entladung verwendeten Leiter ſehr weit fortführte; man hat ſie unmeßbar gefunden. Verſuche darüber ſind unter andern bereits im Jahre 1746 von Winkler in Leipzig, dann im Jahre 1747 und 1748 noch mehr ins Große gehende von Watſon in London angeſtellt worden. Der merkwürdigſte war folgender. Es wurde ein Draht an der äußern Belegung einer Verſtärkungsflaſche feſt gemacht, aus dem Zimmer auf das Feld geführt, dort durch trockene Holzſtäbe unterſtützt, in verſchiedenen Richtungen gebogen und in das Zimmer zurückgeleitet; er hatte ſo eine Länge von mehr als einer engliſchen Meile. Die zur Beobachtung beſtimmte Perſon faßte mit der einen Hand das Ende

dieſes, mit der andern das Ende eines andern, welcher auf ähnliche Art geleitet, und deſſen zweytes Ende beſtimmt war mit dem Knopfe der Flaſche zur Entladung derſelben verbunden zu werden. Die Länge beyder Drähte betrug 6000 engl. Fuß. Im Augenblicke der Entladung wurde von jener Perſon die Erſchütterung in beyden Armen und der Bruſt empfunden. Die Erſchütterung blieb aus, wenn die Perſon in beyden Händen die Drähte hielt, dieſe aber zugleich in gegenſeitige Berührung gebracht wurden.

## Vom Electrophor.

§. 908. Der Electrophor oder Electricitätsträger iſt ein aus zwey Theilen beſtehender Apparat, welche ſind: 1) Eine ſeichte, aus einer leitenden Materie verfertigte Schüſſel, mit einer harzigen Subſtanz angefüllt. Die Harzſchichte nennt man den Kuchen, die Schüſſel wird Form genannt, Kuchen und Schüſſel zuſammen aber die Unterlage oder Baſis des Electrophors. Die Oberfläche des Kuchens muß möglichſt eben ſeyn. 2) Eine leitende Platte, die kleiner iſt, als die Baſis, und mittelſt einer in ihrer Mitte angebrachten gläſernen Handhabe oder mittelſt ſeidener Schnüre iſolirt gehalten, und ſo auf den Kuchen gelegt oder von ihm abgehoben werden kann Dieſer zweyte Theil des Apparates heißt gewöhnlich der Deckel des Electrophors. Dazu kann eine Scheibe aus Metall dienen, oder eine aus Pappe verfertigte, mit Stanniol überzogene. Man kann auch Leinwand über einen Reif ſpannen und mit Stanniol überziehen; dann nennt man ihn die Trommel. — Den Nahmen Electrophor hat man dem Apparate gegeben, weil mit ihm die Verſuche, welche gleich angeführt werden ſollen, durch eine bedeutend lange Zeit angeſtellt werden können, ohne daß er der Electricität, die er urſprünglich erhalten hat, merklich beraubt wird. — In der Zeichnung 396. iſt ein Electrophor abgebildet; B iſt die Baſis, D der Deckel. — Um electriſirt zu werden, wird der Kuchen mit Flanell oder einem Pelzwerke (Fuchsſchweif, Katzenbalg, Haſenbalg) gerieben oder gepeitſcht.

Für die beſte Materie zu einem Electrophorkuchen gibt es mehrere Angaben, als z. B. eine Maſſe, zuſammengeſetzt aus Siegellack und venetianiſchem Terpenthin (im Verhältniſſe = 10 : 1); — oder eine

aus Colophonium, Schellack und venetianiſchem Terpenthin (im Verhältniſſe = 6 : 4 : 1), aus Colophonium, Terpenthin, Pech und Wachs (im Verhältniſſe = 7 : 5 : 5 : 2), aus Schellack, Harz, venetianiſchem Terpenthin, Wachs und Pech (im Verhältniſſe = 10 : 3 : 2 : 2 : ½). Übrigens kann man ſich ſtatt der harzigen Subſtanz auch wohl einer Glastafel bedienen, welche, um electriſirt zu werden, mit einem metalliſchen Amalgam gerieben wird; doch hält ſich am Glaſe die Electricität nicht ſo lange.

Der Electrophor iſt mit dieſem Nahmen und in dieſer Geſtalt von Volta im Jahre 1775 bekannt gemacht worden. Der erſte Erfinder desſelben, der Hauptſache nach, iſt Wilke, der einen ähnlichen Apparat ſchon im Jahre 1762 zu verſchiedenen Verſuchen über die entgegengeſetzten Electricitäten angewendet hat. (S. Abh. der ſchwed. Acad. Bd. XXIII. S. 271.)

Lichtenberg hat einen Electrophor zu Stande gebracht, welcher ſeiner Größe wegen ſehr bekannt geworden iſt. Ein noch größerer befindet ſich im phyſikaliſchen Cabinette des polytechniſchen Inſtitutes in Wien. Die Form hat einen Durchmeſſer von 8, der Deckel einen von 7 Fuß Wiener Maßes. Weber gab einen Electrophor an, bey dem der Kuchen keine Schüſſel hat, ſondern auf eine Metallplatte geſtellt wird, und mithin auch abgenommen werden kann. Die harzige Subſtanz iſt hier von einem Metallringe umgeben.

§. 909. Die Erſcheinung am Electrophor, worauf alle übrigen ſich gründen, beſteht darin, daß, wenn auf einem Harzkuchen Electricität erregt oder ihm mitgetheilt wird, dieſe an der Harzfläche begierig haftet, und ſchwer auf eine ebene Fläche ohne Hervorragung durch Mittheilung übergeht; dann, daß dieſe Electricität in ihrem Wirkungskreiſe die entgegengeſetzte Electricität nach dem Vertheilungsgeſetze hervorbringt. — Wird der Kuchen mit einem Fuchsſchweiſe gepeitſcht: ſo erhält er — E, was ſich auch mittelſt eines Probeſcheibchens (§ 885.) zeigen läßt. Und weil ein Nichtleiter die Vertheilung der Electricität nicht hindert: ſo muß die untere Fläche des Kuchens + E erhalten, welches übrigens (nach §. 890.) nur dann dem obern — E an Stärke gleich ſeyn könnte, wenn die Harzſchichte unendlich dünn wäre, in der Wirklichkeit daher immer ſchwächer iſt. Wird nun der Deckel aufgeſetzt: ſo wirket das — E der obern Seite des Kuchens auch auf dieſen, wodurch zugleich das + E der untern

Seite des Kuchens zum Theil frey wird, und eben ſo auf die Form ſich wirkſam erweiſen kann. Der Deckel erhält demnach durch Vertheilung unten + E, oben — E, und auf gleiche Weiſe die Form oben — E, unten + E. Es ſind mithin eigentlich ſechs Electricitäten zu beachten, wie ſie in der Zeichn. 397. A. angedeutet werden, wo k k den Kuchen, d d den Deckel, f f die Form bezeichnet. — Aus dem Grunde, weil der Kuchen nicht unendlich dünn iſt, müſſen die drei obern E ſtärker ſeyn, als die drei untern; alle aber ſind unter einander im Gleichgewichte.

§. 910. Sämmtliche Erſcheinungen am Electrophor ſind nur Folgen der hier angeführten Vertheilungen, und dienen zugleich als Beſtätigungen derſelben. Die vorzüglichſten ſind:

1) Wird der iſolirte Deckel auf den geriebenen Kuchen aufgeſetzt, und wird dann dieſem Deckel ein Finger genähert: ſo erhält man einen ſchwachen ſchneidenden Funken. Es iſt (nach §. 909.) — E; und daß es ein ſolches iſt, läßt ſich mittelſt eines Probeſcheibchens finden. Daß es ein ſchwacher und ſchneidender Funke iſt, folgt daraus, weil alle in §. 909. angegebenen Electricitäten einander zum Theil binden, und der Deckel nur in ſofern ſein — E verlieren kann, in wiefern zugleich die Form ihr + E an den Erdboden abgibt. — 2) Wenn aber, nachdem der Deckel auf den Kuchen iſt geſtellt worden, der äußere Rand der Form mit dem einen Finger, dann mit dem anderen der Deckel berührt wird: ſo geht durch die Finger eine electriſche Erſchütterung. In dieſem Falle nähmlich vereinigt ſich durch die Finger das + E der Form mit dem — E des Deckels. Bey einem großen Electrophor kann eine beträchtliche Erſchütterung auch von einer Hand zur andern geführt werden. — 3) Nachdem der Deckel entweder auf die Art 1 oder 2 berührt worden iſt: ſo zeigt er, auf dem Kuchen ſtehend, natürlich keine weitern electriſchen Eeſcheinungen, indem ihm ſein freyes — E bereits abgenommen iſt. — 4) Wird dieſer Deckel aber, nachdem er berührt worden iſt, mittelſt der Seidenſchnüre in die Höhe gehoben, und ſo aus dem Wirkungskreiſe des Kuchens gebracht: ſo gibt er an jeden genäherten Leiter einen ſtarken Funken; denn das obere — E des

Deckels iſt durch die Berührung zu o E geworden, ſein unteres + E aber iſt geblieben, doch ward es von dem — E des Kuchens vollkommen gebunden. Sobald aber der Deckel in die Höhe gehoben wird, wird ſein + E ganz frey. Daß es + E ſey, läßt ſich nach §. 882. finden. — 5) Wird der Deckel nun wieder auf den Kuchen geſetzt: ſo laſſen ſich alle angegebenen Erſcheinungen wiederhohlen; indem der Kuchen offenbar nichts an Electricität verloren hat, und mithin alles ſich in dem urſprünglichen Zuſtande befindet. — 6) Wird der auf den Kuchen geſtellte Deckel von demſelben entfernt, ohne daß man ihn berührt hatte: ſo zeigt er keine electriſche Erſcheinung. Denn er hatte, ſo lange er auf dem Kuchen ſtand, unten + E, oben — E, ſobald er aber aus dem Wirkungskreiſe desſelben gebracht wird, vereinigt ſich dieſes + E und — E zu ± E oder o E.

In der Zeichnung 397. werden alle dieſe Erſcheinungen vorgeſtellt. In A ſieht man den Deckel d d auf die Baſis geſetzt; aus ſeinem in der Abbildung bezeichneten Zuſtande geht die Erſcheinung 1 und 2 hervor. — In B befindet ſich auch ein Deckel, welcher auf eine Baſis geſetzt, und nachher berührt worden iſt; woraus die dritte Erſcheinung erklärt wird. — In C iſt ein in die Höhe gehobener Deckel, und ſomit die vierte Erſcheinung vorgeſtellt.

In allen genannten Fällen haben wir eine nicht iſolirte Baſis vorausgeſetzt. Wenn die Baſis iſolirt iſt: ſo verhält ſich wohl alles auf eine ähnliche Weiſe, nur erhält man noch eine Erſcheinung. Wenn nähmlich der auf die Baſis geſetzte Deckel mittelſt der Hand mit dem Rande der Form verbunden wird: ſo verſpürt man die electriſche Erſchütterung, wie dieß in dem unter Nr. 2. angeführten Falle Statt hatte; es iſt auch ganz derſelbe Fall, denn durch die Berührung ward die Iſolirung aufgehoben. Wenn aber dann (nachdem durch Hinwegnahme der Hand die Iſolirung der Form wieder hergeſtellt iſt) der Deckel aufgehoben wird: ſo erſcheint nicht allein er, ſondern auch die Form electriſirt, und zwar negativ. Denn nachdem (durch die erwähnte Verbindung der Baſis mit dem Deckel) ſowohl die obere Fläche des Deckels, als die untere der Baſis in den Zuſtand der Indifferenz verſetzt worden ſind: iſt der electriſche Zuſtand des ganzen Electrophors ſo, wie er in B vorgeſtellt wird; der Deckel hat nähmlich + E, und die Form — E. Aber das + E des Deckels wird von dem nahen — E des Kuchens, das — E der Form von dem nahen + E des Kuchens gebunden. Sobald aber der

Deckel aufgehoben wird, wird das — E der Form frey; denn das untere + E des Kuchens wird nun durch ſein oberes — E geſchwächt, und kann nicht mehr ſo ſtark, wie vorher, auf das — E der Form wirken.

§. 911. **Vergleichung des Electrophors mit der electriſchen Verſtärkung.** — Der Electrophor hat offenbar Ähnlichkeit mit der electriſchen Verſtärkung; auch er beſteht aus einer an beyden Seiten belegten nichtleitenden Schichte, nur daß die eine Belegung (der Deckel) beweglich iſt. Doch iſt auch ein bedeutender Unterſchied zwiſchen beyden Apparaten. Bey der Ladung einer Verſtärkung dienen ihre Belege die Electricität den Glasflächen zuzuführen (§. 900.), während beym Electrophor die Belegungen (Deckel und Form) durch die an dem Kuchen erregte Electricität mittelſt Vertheilung electriſirt werden. Bey Entladung der Verſtärkung theilen ferner einander die beyden Glasflächen ihre Electricitäten größtentheils mit, und nur ein Theil derſelben bleibt als Rückſtand noch an dieſen Flächen haften; an dem Kuchen des Electrophors dagegen bleibt beynahe die ganze Electricität haften, und nur das durch Vertheilung bewirkte — E des Deckels vereinigt ſich mit dem entgegengeſetzten + E der Form. Der geladene Electrophor iſt mithin keineswegs mit der geladenen Verſtärkung zu vergleichen, ſondern mit einer, welche, nachdem ſie geladen war, entladen worden iſt, und noch einen Rückſtand an den Glasflächen behält.

Eine durchbohrte Verſtärkungsflaſche iſt nicht mehr als ſolche zu brauchen; wohl aber kann eine durchbohrte Glastafel, oder ein zerſprungener Harzkuchen noch immer als Electrophortheil dienen.

§. 912. Mittelſt eines Electrophors laſſen ſich verſchiedene electriſche Verſuche anſtellen, und er kann zum Theil (nur weit weniger bequem) ſtatt einer Electriſirmaſchine dienen. So läßt ſich z. B. mittelſt ſeiner eine Verſtärkungsflaſche laden. Zu dieſem Ende werden die Funken, welche der Deckel, nachdem er auf die Baſis geſetzt, berührt und mittelſt ſeidener Fäden in die Höhe iſt gehoben worden, an jeden genäherten Körper abgibt, mit dem

Knopfe der Verſtärkung abgenommen. Auf dieſe Art wird die Verſtärkung poſitiv electriſirt, d. i. ihre innere Fläche erhält + E.

Es kann indeſſen die Flaſche auch negativ geladen werden. Zu dieſem Ende ſtellt man ſie auf den Deckel, und nimmt dann, nachdem dieſer, auf der Baſis ſtehend, berührt und dann aufgehoben worden iſt, die Funken aus dem Knopfe der Flaſche. Je öfter dieſes Verfahren wiederhohlt wird, deſto ſtärker wird die Ladung.

Jedermann ſieht wohl leicht ein, daß der Kuchen des Electrophors nicht bloß durch Reibung electriſirt werden könne; man kann ihm auch Electricität mittheilen, z. B. mittelſt einer Verſtärkungsflaſche. Zu dieſem Ende wird die Flaſche auf die Baſis geſtellt, dann ergreift man den Knopf derſelben, und bewegt die Flaſche auf der Baſis ſo, daß ihre äußere Belegung mit allen Puncten der Harzfläche in Berührung kommt. So erhält dieſe Fläche — E, indem das + E der innern Flaſchenbelegung in die Hand des Experimentators übergeht. — Daher kann der Electrophor durch ſich ſelbſt immer ſtärker und ſtärker electriſirt werden. Man ladet nähmlich mittelſt des Electrophors die Flaſche, und mittelſt dieſer verſtärkt man die Electricität des Electrophors auf die angegebene Art; durch den Deckel kann nun die Flaſche ſtärker als das erſte Mahl geladen werden u. ſ. f.

So wie der Kuchen des Electrophors mittelſt einer poſitiv electriſirten Verſtärkungsflaſche einen negativen Electricitätszuſtand erhält, eben ſo kann man ihm mittelſt einer negativ electriſirten die poſitive Electricität ertheilen.

Bemerkenswerth iſt die Anwendung des Electrophors bey der Zündmaſchine, welche immer noch eine Erwähnung hier verdient, obgleich bey der neueſten Einrichtung derſelben der Electrophor durch einen Platinſchwamm (§. 711. Zuſ.) erſetzt wird. Eine ſolche Maſchine mit Electrophor iſt in der Zeichnung 398. abgebildet. Die Kugel A iſt mit der Glocke B mittelſt des Halſes m n in Verbindung; ferner communicirt B bloß mit der äußern Luft mittelſt der Röhre r o, welche in h einen Hahn hat. Geſetzt nun, es ſey B mit brennbarem Gas gefüllt, und in A werde Waſſer eingegoſſen: ſo wird ſich auch B zum Theil mit Waſſer füllen, und ſo lange das Gas nicht entweichen kann, wird es zuſammen gedrückt. Öffnet man aber den Hahn h: ſo entweicht das Gas durch die Öffnung o ſo lange, bis der Hahn wieder geſchloſſen wird. Wird das entweichende Gas bey o angezündet: ſo hat man dort eben ſo lange eine Flamme. Zur Entzündung des Gasſtromes nun bedient man ſich

des auf ſogleich anzugebende Weiſe dahin geleiteten electriſchen Funkens. Früher aber muß noch geſagt werden, wie B mit dem brennenden Gas gefüllt werde.

Man öffnet den Hahn h, und gießt in A eine Schwefelſäure ein, die früher mit etwa zehn Mahl ſo viel Waſſer (dem Gewichte nach) in einem glaſirten Geſchirre allmählich iſt verbunden worden. So läßt ſich, da die in der Glocke B enthaltene atmoſphäriſche Luft durch die Röhre r o entweichen kann, dieſe Glocke ganz füllen. Nun wird der Hahn h geſchloſſen, und kleine Stückchen Zink werden in A eingeworfen. Dieſe fallen nach B in die Schwefelſäure; hier entbindet ſich das brennbare Gas (§ 708. Zuſ.), ſteigt in kleinen Blaſen in die Höhe, ſammelt ſich im obern Theile der Glocke, drücket auf die Säure, und zwingt dieſe, ſich in die Kugel A hinauf zu begeben. Damit das Gas ſich nicht gerade unter der Öffnung n entbinde, und durch den Hals m n aufſteige, gibt man dem untern Gefäße einen kegelförmigen Boden; die Zinktheilchen müſſen nun nach den Seiten hinabgleiten. Noch bequemer aber iſt eine Einrichtung, bey welcher man gar keinen Zink in die Gefäße zu werfen braucht. Statt deſſen wird an der Röhre n m ein breiter Zinkring z angebracht. So lange dieſer in der Säure iſt: löſet ſich das Zink auf, das Gas entbindet ſich, und treibt die Säure in das obere Gefäß. — Wird nun der Hahn h geöffnet, und Gas herausgelaſſen: ſo ſteigt die Säure in B: der Zinkring kömmt wieder in die Säure, und das verbrauchte Gas wird erſetzt. Man ſtellt den Ring an eine ſolche Stelle, daß, wenn die Gasentwicklung aufgehört hat, die Kugel A beynahe gefüllt iſt. Es iſt bey dieſer Einrichtung der Vortheil, daß A mit der Säure nie überfüllt werden kann. — Zur Entzündung des aus h herausgetriebenen Gasſtromes nun bedient man ſich eines kleinen, in dem Käſtchen unter B befindlichen Electrophors, der in der Zeichnung 399. eigens abgebildet iſt; k iſt der in einer viereckigen Schüſſel von Blech befindliche Harzkuchen, d der Deckel (eine kleine Zinnplatte), der mittelſt einer Glasſtange g aufgehoben werden kann; q iſt ein Staniolſtreifen, wodurch die Schüſſel mit dem Deckel verbunden wird, damit dieſer beym Erhobenwerden (nach § 910.) freyes + E habe. Dieſer Deckel hat in i einen kleinen Haken, in den eine ſeidene Schnur s eingehangen wird, welche durch ein Loch im obern Boden des Käſtchens (Zeichn. 398.) gezogen, und an einem mit dem Hahne h verbundenen kleinen Balken b befeſtigt wird. — t t′ und u u ſind zwey Metallſtänglein, beyde durch Glasröhren geſteckt, welche durch den obern Boden des Käſtchens gehen; t t endigt ſich unten in ein Knöpfchen k, u u iſt mittelſt eines (in

der Zeichnung ausgelaſſenen) Staniolſtreifchens mit der Schüſſel des Electrophors in Verbindung; von beyden Stänglein gehen oben in der Gegend, wo der Gasſtrom heraus tritt, ſpitzige Drähte e und f gegen einander, e durch eine Glasröhre, um iſolirt zu ſeyn. Wird nun der Hahn gedreht, um geöffnet zu werden: ſo wird zugleich der Electrophordeckel d aufgehoben; er berührt das Knöpfchen k, und gibt ihm einen Funken, der electriſirte Draht gibt nun in e einen Funken an f ab, welcher das zugleich aus o ſtrömende Gas entzündet. Ein in der Nähe angebrachtes Wachslicht l wird nun von dem brennenden Gas entflammt. — Daß der Kuchen des Electrophors (welcher ſich aus dem Käſtchen herausnehmen läßt), damit er ſeinen Dienſt thue, früher mit einem Fuchsſchweife müſſe gepeitſcht worden ſeyn, verſteht ſich von ſelbſt. Daß er den electriſchen Zuſtand dann lange behalte, iſt ebenfalls ſchon aus §. 908. bekannt.

Eine Zündmaſchine von gegenwärtiger Einrichtung ohne electriſche Vorrichtung ſtellt die Zeichn. 400. vor. In ein mit ſchwacher Salzſäure angefülltes Gefäß a b c wird ein kleineres verſenkt, in welchem ein Stück Zink z aufgehangen iſt. Es entbindet ſich Waſſerſtoffgas, ſammelt ſich in dem Raume m n s p, vertreibt daraus die Säure, und iſt durch den Druck derſelben etwas zuſammengedrückt. Bey Öffnung des Hahnes h ſtrömt es durch eine ſehr feine Öffnung auf ein Stückchen Platinſchwamm p. Dieſer wird glühend und entzündet den Strom der herausdringenden brennbaren Luft, an dem ein Wachskerzchen ſich anzünden läßt.

### Electriſche Erſcheinungen in verdünnter Luft.

§. 913. Bisher haben wir immer von den Erſcheinungen der Electricität in freyer atmoſphäriſcher Luft geſprochen. Es entſtehet noch die Frage, ob ſich auch im luftleeren Raume oder in verdünnter Luft Electricität erregen laſſe, und ob die Erſcheinungen derſelben von den bisher betrachteten unterſchieden ſeyen. Zu Verſuchen darüber hat man ſich kleiner Electriſirmaſchinen bedient, die unter einen großen Recipienten der Luftpumpe geſtellt wurden, und die man, nach vorhergegangener Luftverdünnung, in Wirkſamkeit geſetzt hatte. Es zeigte ſich auch hier Electricität; aber die verdünnte Luft iſt kein Iſolator mehr, wie ſchon an einem frühern Orte (§. 869.) iſt erwähnt worden. Daher breitet ſich das electriſche Licht im luftverdünnten Raume ſehr weit aus,

wie ſich am bequemſten mittelſt einer Röhre zeigen läßt, welche an beyden Enden mit meſſingenen Faſſungen und Drähten, und an dem einen Ende überdieß mit einem Hahne verſehen, und ſo eingerichtet iſt, daß mittelſt der Luftpumpe die Luft in ihr verdünnet werden kann. — Werden mit dem einen Ende derſelben Funken aus dem Conductor einer Electriſirmaſchine aufgefangen: ſo breitet ſich das electriſche Licht ſo aus, daß die Röhre im Finſtern beynahe ganz leuchtend erſcheint. Man kann übrigens ähnliche Erſcheinungen mittelſt eines jeden mit einer Lederbüchſe verſehenen Recipienten der Luftpumpe (§. 413. Zuſ.) erhalten.

Hierher gehört auch die Erſcheinung der phosphorescirenden Barometer, nähmlich ſolcher, deren Toricelliſche Leere durch das Kochen des Queckſilbers etwas vollkommener geworden iſt, als ſie es in den gemeinen Barometern zu ſeyn pflegt. Der Raum über dem Queckſilber erſcheint ſogleich leuchtend, ſobald durch Neigen des Barometers einige Bewegung in dem Queckſilber iſt hervorgebracht worden. — Daß dieſes Licht von der Electricität herkomme, ergibt ſich ſchon daraus, weil vom obern leuchtenden Theile der Röhre leichte Körperchen (z. B. Goldplättchen) angezogen werden. — Übrigens iſt die Toricelliſche Leere leuchtender Barometer noch gar nicht vollkommen. — Auf eine ähnliche Weiſe leuchten auch andere gläſerne, zum Theil mit Queckſilber gefüllte Röhren, wenn man die Luft in denſelben, bevor ſie geſchloſſen wurden, bedeutend verdünnt hat.

Weil verdünnte Luft die Electricität leitet, ſo hat man verſucht, die Guericke'ſche Leere bey einer Verſtärkung ſtatt der innern Belegung anzuwenden. In dieſem Falle nannte man ſie die Leidner Leere. Hierzu nahm man eine kleine ſo eingerichtete Flaſche, daß die Luft in derſelben mittelſt einer Luftpumpe verdünnt werden konnte. An einer ſolchen Flaſche iſt bloß eine äußere Belegung nothwendig, und der Metalldraht, der ſonſt zur innern Belegung führt, reicht nur bis zur Mitte der Flaſche, und geht in eine Spitze aus.

### Überſicht der Wirkungen der Electricität, ſo weit ſie durch den mittelſt der Reibung erregten electriſchen Zuſtand der Körper ſich nachweiſen laſſen.

§. 914. Nachdem bereits gelegenheitlich von vielen Wirkungen der Electricität die Rede war: ſo iſt es hier nur um eine vervollſtändigende Überſicht derſelben zu thun. Daß die Anziehung und

Abſtoßung, durch welche ſich die electriſche Spannung offenbart, mancherley Bewegungen veranlaſſen könne, iſt an ſich klar, und aus §. 876. bekannt. Die hauptſächlichſten durch den electriſchen Strom herbeygeführten Erſcheinungen ſind folgende: 1) Gewaltſame Durchbrechung nicht oder ſchlecht leitender Körper. Sind ſie flüſſig (wie z. B. Luft oder Waſſer), ſo werden ihre Theilchen bey Seite geſchoben; iſt zugleich eine ſolche Flüſſigkeit in einem Gefäße eingeſchloſſen, ſo iſt es gerade ſo, als ob ſie für einen Augenblick wäre ausgedehnt worden. Iſt das Durchbrochene ein feſter Körper, ſo wird er manchmahl durchbohrt, zerriſſen, zerſplittert. — 2) Lichterſcheinungen, welche immer Statt finden, ſo oft der electriſche Strom durch Nichtleiter mehr oder weniger unterbrochen wird, wie bey dem electriſchen Funken (§. 876.) und bey dem Spitzenlichte (§. 876.). Überdieß werden manche Körper phosphorescirend, wenn ein Entladungsſchlag durch ſie geleitet wird (wie z. B. Obſt, Eyer), oder wenn er über ihre Oberfläche ſeinen Weg nehmen muß (z. B. Kreide, Zucker ꝛc.). — 3) Erhitzung. Daß der electriſche Funke leicht entzündliche Körper entflamme, iſt bereits gemeldet worden. Selbſt die beſten Leiter, Metalle nähmlich, werden erhitzt, glühend, geſchmolzen, auch wohl verflüchtigt, wenn ſtarke Batterien durch ſie entladen werden: ſo z. B. erglüht und ſchmilzt dünner Eiſendraht. — 4) Chemiſche Zerſetzungen und Zuſammenſetzungen. So z. B. wird Waſſer in Waſſerſtoff und Sauerſtoff zerſetzt; Metalldrähte werden in der Entladungskette oxydirt. — 5) Magnetiſirung des Eiſens. Dieſe wird indeſſen nicht leicht durch einen augenblicklichen, ſehr leicht dagegen durch einen anhaltenden Strom bewirkt, welcher mittelſt der durch Berührung erregten Electricität erhalten wird, wie ſpäter gezeigt werden ſoll. — 6) Wirkungen auf organiſche Körper. Daß freye Electricität in uns manche Empfindungen errege, iſt bereits aus früheren Lehren bekannt (§§. 876., 898.). Die Hauptwirkung derſelben auf den thieriſchen Körper betrifft offenbar das Nervenſyſtem. Heftige electriſche Schläge vermögen die Reizbarkeit der Nerven zu zerſtören. Selbſt große Thiere

ſind durch Entladungsſchläge mächtiger Batterien getödtet worden. — Überdieß haben Verſuche wahrſcheinlich gemacht, daß in dem animaliſchen Körper die Abſonderung in den Drüſen, die unmerkliche Ausdünung u. dgl. m. mittelſt der Electricität vermehrt werde. — Auch in Beziehung auf den Lebensprozeß in den Vegetabilien ſind von mehrern Phyſikern Verſuche angeſtellt worden; indeſſen iſt es nicht gelungen, vollkommen ſichere Reſultate zu erhalten. — Übrigens gehört eine ausführliche Unterſuchung über das Verhältniß des electriſchen Prozeſſes zu dem organiſchen in die ſpecielle Phyſik der organiſchen Körper (§. 18.). — Über den Einfluß der Electricität auf manche Erſcheinungen in der Atmoſphäre wird ſpäter eigens die Rede ſeyn.

### Einige Verſuche über die Wirkungen der Electricität.

Hervorgebrachte Bewegungen. Hierher gehören eine Menge der an verſchiedenen Orten (§. 875., §. 878.) angeführten Erſcheinungen der electriſchen Anziehung und Abſtoßung, z. B. das Auseinandergehen der electroſkopiſchen Pendelchen, die electriſche Spinne, manche electriſchen Spielwerke, als: der electriſche Puppentanz, das electriſche Glockenſpiel u. d. m.

Durchbohrung, Zerſplitterung. Hierher gehört die Durchbohrung des Kartenblattes (§. 898.). Mittelſt der Entladung mächtiger Verſtärkungen laſſen ſich auf dieſelbe Weiſe mehrere Spielkarten auf einmahl durchbohren. — Hierher gehört auch die im §. 899. angeführte Durchbohrung der Verſtärkungsflaſche. — Auffallend iſt folgender Verſuch. Man leime zwey Bretchen zuſammen, zwiſchen welche man zwey ſchmale Streifchen Stanniol ſo gelegt hat, daß das eine Ende eines jeden Streifchens etwas hervorrage, die andern innern Enden aber etwas von einander abſtehen. Man laſſe mittelſt des allgemeinen Ausladers einen ſtarken Schlag durchgehen: die Bretchen werden mit Heftigkeit aus einander ſpringen. — Ein cylindriſches Holzſtück, etwa ½ Zoll lang und ¼ Zoll dick, werde nach der Richtung der Faſern angebohrt, und in jedes der Löcher die Endſpitze eines der beyden Drähte des allgemeinen Ausladers geſteckt, ſo, daß eine Spitze von der andern etwa ¼ Zoll entfernt bleibe. Man laſſe nun eine ſtarke Ladung hindurch gehen. Das Holz wird mit Heftigkeit geſpalten. In der Zeichn. 401. iſt dieſer Verſuch abgebildet. — Ein kleines Fläſchchen werde mit Öhl gefüllt, und dann mit einem Korkpfropfen ver-

ſchloſſen, durch welchen früher ein Draht iſt geſteckt, und ſein unten herausragender Theil ſo umgebogen worden, damit deſſen Ende in dem Öhle die innere Glasfläche berühre. Man hänge die Flaſche mit dem äußern hervorragenden Ende des Drahtes an den Conductor, ſetze die Maſchine in Wirkſamkeit, und halte eine Metallkugel an die äußere Fläche, dem Drahtende gegenüber. Ein Funken durchbohret das Glas. — Eine ſcheinbare Ausdehnung der Luft läßt ſich wahrnehmen an dem ſogenannten Luftthermometer von Kinnersley, davon die Zeichn. 402. eine Abbildung iſt. A B iſt ein oben und unten luftdicht geſchloſſener Glascylinder, D und d ſind Drähte mit Knöpfen etwas von einander entfernt; r r iſt eine durch den obern Boden luftdicht gehende Glasröhre; ſie ſowohl als der Cylinder iſt zum Theil mit gefärbtem Waſſer gefüllt. Wird nun der untere Draht d mit der äußern Belegung einer Verſtärkung verbunden, und dann zwiſchen der innern Belegung derſelben und dem Drahte D mittelſt des Ausladers auch eine Verbindung hervorgebracht: ſo geſchieht die Entladung. Zwiſchen k und k′ ſieht man einen Funken, und zugleich ſteigt die Flüſſigkeit in der Röhre r r, fällt aber ſogleich wieder. Dieſe Erſcheinung läßt ſich daraus erklären, daß der Funke bey ſeinem Übergange die Luft darin ſchnell bey Seite ſchiebt, und mithin ihren Druck auf die Flüſſigkeit vermehrt. — Legt man zwiſchen zwey kleine Glasplatten zwey Stanniolſtreifchen, deren innere Enden etwas von einander abſtehen, die äußern aber hervorragen, preßt man die Glasplatten (etwa durch Umwindung eines Fadens) etwas zuſammen, und leitet mittelſt des allgemeinen Ausladers die Entladung hindurch: ſo werden die Platten gewöhnlich in viele Stücke zerbrochen. Die meiſten durch Electricität bewirkten Zerſprengungen feſter Körper mögen, wenigſtens zum Theil, auf dieſelbe Weiſe geſchehen. — Wird eine kleine Glasröhre mit Waſſer gefüllt, ihre Enden mit Korkſtöpſeln verſchloſſen, und durch dieſe hindurch zwey Drähte ſo geſteckt, daß ſie ungefähr einen halben Zoll von einander abſtehen: ſo wird die Röhre ſchon durch einen ſchwachen durchgeleiteten Schlag zerſprengt, und das Waſſer zerſtreut. Dieſer Verſuch erfordert mithin Vorſicht, weil die Zerſprengung mit großer Heftigkeit vor ſich geht. Man verſuche hier und in ähnlichen Fällen ſehr ſchwache Ladungen, und nur, wenn ſie unwirkſam ſind, verſtärke man ſie allmählich.

Lichterſcheinungen. Wenn im Finſtern die Scheibe der Electriſirmaſchine gedrehet wird: ſtrahlt aus dem Amalgam der Kiſſen electriſches Licht; auch die Sauger des Conductors leuchten lebhaft. Reibt man eine Glasröhre im Finſtern: ſo ſieht man durch

das Glas den reibenden Körper leuchtend. Hierher gehöret auch nebſt den im §. 876. angeführten Erſcheinungen das electriſche Licht im luftverdünnten Raume (§. 913.).

Phosphorescenz durch Electricität. Man ſtecke die Enden der Drähte am allgemeinen Auslader in einen Apfel oder eine Citrone, und laſſe den Schlag durchgehen: die Frucht zeigt ſich leuchtend. — Gleichfalls leuchtend werden Eyer, durch welche ein kleiner Schlag durchgehet. — Eine Menge Subſtanzen werden phosphorescirend, wenn man den Entladungsſchlag über ihre Oberfläche oder durch ſie hindurch leitet; dazu gehören Kreide, ſchwefelſaurer Baryt, Bergkryſtall, Quarz, Hutzucker u. d. m. — Es verſteht ſich von ſelbſt, daß alle dieſe Verſuche in einem verfinſterten Zimmer müſſen angeſtellt werden. —

Wärmeerregung und Schmelzung der Metalle. Ein dünner Eiſendraht, durch welchen ein ſtarker Entladungsſchlag geführt wird, wird glühend und geſchmolzen. Ob der Verſuch gelinge, kommt auf die Dicke und Länge des Drahtes an, und auf die Stärke der Ladung. Bey verſchiedenen Metallen kommt es auch auf die Leitungskraft an; je kleiner dieſe, deſto leichter ſchmilzt der Draht. Mittelſt einer ſtark geladenen Batterie von 12 Quadratfuß Belegung kann ein etwa 5 Zoll langer Draht von Nr. 12. geſchmolzen werden. Iſt die Ladung zu ſchwach, ihn zu ſchmelzen: ſo wird er erhitzt. — Harris leitete einen dünnen Draht d r (Zeichn. 403.) durch eine Glaskugel mit Röhre, die zum Theil mit Queckſilber q q′ gefüllt war. Es zeigte ſich eine Ausdehnung der Luft, welche hier der Erhitzung zugeſchrieben wird. — Die Erhitzung eines Metalldrahtes von beſtimmter Dicke iſt deſto größer, je ſchlechter das Metall leitet; die größte bey Bley, die kleinſte bey Gold. — Van Marum fing den electriſchen Strom mit der Kugel eines Thermometers auf; das Queckſilber ſtieg von 80° F. bis 100° binnen 16 Minuten. Wurde derſelbe Verſuch in verdünnter Luft angeſtellt: ſo ſtieg es unter denſelben Umſtänden bis auf 120°. (S. Grens neues Journal der Phyſik. Bd. III. S. 1.)

Entzündung brennbarer Materien und Oxydirung der Metalle. Daß manche brennbare Materien, als Weingeiſt, Äther, brennbare Luft, durch den electriſchen Funken leicht entflammt werden, iſt ſchon gelegenheitlich geſagt worden (§. 876.4, §. 898.2, §. 906.). Um Knallgas (eine Miſchung aus Sauerſtoffgas oder auch atmoſphäriſcher Luft und Waſſerſtoffgas) bequem zu entflammen, dient die von Volta angegebene ſogenannte electriſche Piſtole. Die einfachſte Einrichtung iſt in der Zeich-

nung 404. abgebildet. A iſt ein Gefäß von Blech, c d ein durch eine Glasröhre durchgehender, an beyden Enden mit einem Knöpfchen verſehener Draht. Wird mit dem Knöpfchen c ein Funke aus dem Conductor aufgefangen, ſo muß er zwiſchen d und dem Boden überſpringen. Iſt nun das Gefäß mit Knallgas gefüllt, ſo wird es mit einem Knall entflammt. Noch ſtärker wird der Knall, wenn die Mündung mit einem Korkpfropfen verſchloſſen wird. Dieſer wird mit Heftigkeit herausgeworfen. — Um ein Häufchen frey liegendes Schießpulver zu entflammen, wird dieſes zwiſchen zwey etwas von einander abſtehende Drähte aufgeſtreut, und der eine Draht mit der äußern Belegung mittelſt einer Leitung verbunden, welche durch ein Stück einer naſſen Schnur unterbrochen iſt. Den zweyten Draht bringt man dann mit der innern Belegung in Verbindung. — Ohne jene Unterbrechung der Leitung wird das Schießpulver bloß zerſtreut. —

Oxydirung der Metalle. Zu dieſem Ende werden dünne und ſchmale Metallblättchen auf ein Blatt Papier, und allenfalls zwiſchen zwey Glasſtreifen gelegt. Die Glasſtreifen werden durch Umwindung eines Fadens an einander befeſtigt, und nun wird (mittelſt des allgemeinen Ausladers) der Entladungsſchlag hindurch geleitet. Die Glasſcheiben werden gewöhnlich gebrochen, oft auch Stücke davon weggeſchleudert.

Andere chemiſche Wirkungen. Eine der merkwürdigſten iſt die Zerſetzung des Waſſers in Waſſerſtoffgas und Sauerſtoffgas (§. 708. Zuſ.). Um ſie durch Electricität hervor zu bringen, dienen am beſten ſehr kleine, durch das Waſſer durchgeführte electriſche Funken. Dazu iſt die von Wollaſton angegebene Methode anwendbar. Er nahm zwey Platindrähte, die an einem Ende möglichſt zugeſpitzt wurden, ſchob jeden derſelben in ein Haarröhrchen, ſo, daß die feine Spitze von der andern Öffnung des Röhrchens ein wenig abſtand. Das Röhrchen wurde zugeſchmolzen, und dann ſo weit abgeſchliffen, bis die Drahtſpitze ſich als ein Pünctchen zeigte. Nun wurden beyde Röhrchen ins Waſſer, mit den Spitzen gegen einander und nur wenig von einander abſtehend, geſetzt, die eine mit dem Erdboden verbunden, und mit der andern kleine Funken aus dem Conductor der in Wirkſamkeit geſetzten Maſchine abgenommen. Es erſchienen Luftbläschen zwiſchen den Drahtſpitzen, welche Knall-Luft waren. —

In der atmoſphäriſchen auf ähnliche Art behandelten Luft erzeugte ſich durch anhaltendes Electriſiren etwas Salpeterſäure (aus dem Sauerſtoffe und Stickſtoffe derſelben). Man hat nähmlich einen

Glascylinder unten mit einer Kaliauflöſung geſperrt, mittelſt zweyer Platindrähte d, 'd Funken durchſchlagen laſſen, und es fand ſich in der Kaliauflöſung Salpeter (ſalpeterſaures Kali). — Man hat auch Metalloxyde der Einwirkung der Electricität ausgeſetzt, und aus mehreren derſelben reguliniſches Metall erhalten. Man brachte z. B. etwas Zinnoxyd in eine Glasröhre, ſo daß etwa ein halber Zoll der untern Wand bedeckt wurde, wenn die Glasröhre horizontal auf dem Tiſchchen des allgemeinen Ausladers lag. Nun wurden mehrere ſtarke Schläge durch das Oxyd durchgeführt, und nach jedem Schlage das zerſtreute Oxyd wieder in die gehörige Lage gebracht. Die Röhre zeigte ſich endlich mit metalliſchem Zinn befleckt.

Wirkung auf organiſche Körper. Von den verſchiedenen durch Electricität erregten Empfindungen, ſ. §. 876., §. 898. Nur wäre noch zu bemerken, daß der einfache Funke von dem verſtärkten nicht dem Weſen nach verſchieden ſey; auch bey jenem geſchieht eine Ausgleichung zwiſchen dem + E des Conductors und dem durch Vertheilung entſtandenen — E am genäherten Leiter. Daher Funken, aus Conductoren mächtiger Maſchinen gezogen, gleichfalls Erſchütterungen ertheilen. Eben ſo erhält man eine ſolche auch bey gewöhnlichen Maſchinen, wenn man den eigenen Körper mit dem Reibzeuge verbindet, und dann aus dem Conductor Funken zieht. — Noch iſt hier beyzufügen, daß die electriſche Strömung aus einer poſitiv electriſirten Spitze auf der Zunge einen ſäuerlichen Geſchmack errege, aus der negativ electriſirten einen alkaliſchen.

§. 915. Mediciniſche Anwendung der durch Reibung erregten Electricität. — Sie hat ſich in manchen Krankheiten, beſonders bey rheumatiſchen Übeln, Lähmungen, manchen Nervenzufällen u. d. m. entſchieden heilſam erwieſen. Es verſteht ſich indeſſen von ſelbſt, daß zu einer fruchtlichen Anwendung dieſes, ſo wie eines jeden Heilmittels die gehörigen ärztlichen Kenntniſſe nothwendig ſind. Hier können nur die vorzüglichſten Arten der electriſchen Behandlung angegeben werden. Es ſind folgende: 1) Das electriſche Bad; 2) die electriſche Strömung, mittelſt der Spitzen hervorgebracht, und auf einen beſtimmten Theil des Körpers geleitet; 3) ſehr kleine electriſche Funken; 4) größere einfache Funken; 5) verſtärkte Funken oder electriſche Schläge, und zwar von verſchiedener Intenſität.

Zu dieſen Anwendungen werden der Bequemlichkeit wegen verſchiedene Apparate erfordert. Die vorzüglichſten derſelben ſind: 1) ein Iſolirſchämel. — 2) Electriſche Directoren, d. i. dicke Metalldrähte a b (Zeichn. 405.), welche durch Metallſchnüre c d mit dem Conductor verbunden werden können, und mit gläſernen Handhaben g verſehen ſind. Sie enden ſich in Spitzen, an welche aber entweder Kugeln k (größere oder kleinere), oder auch hölzerne, elfenbeinerne Kegel h angebracht werden können. — 3) Ein zum Meſſen der Funken dienlicher Apparat, beſtehend aus einem Metalldrahte a b (Zeichn. 406.), welcher in einer gläſernen Röhre c d ſich befindet (und daher iſolirt iſt), an deſſen einem Ende eine metallene Kugel k angebracht iſt, und mit deſſen anderem Ende die Kette des Directors verbunden wird. Je mehr die Kugel k vom Conductor m entfernt iſt, deſto größer muß der aus dem Conductor überſpringende Funke ſeyn; wenn k den Conductor berührt, ſo kann gar kein Funke erſcheinen. — 4) Ein Auslade-Electrometer (§. 899. Zuſ.).

Vom electriſchen Bade haben wir ſchon §. 876., geſprochen. — Der Kranke erhält electriſche Ströme, entweder, wenn man mittelſt der Spitze eines mit dem Conductor verbundenen Directors den electriſchen Wind auf ihn leitet, oder wenn er in das electriſche Bad geſetzt, und dann jenem Theile ſeines Körpers, welcher electriſirt werden ſoll, die Spitze eines mit der Erde verbundenen Directors genähert wird. Die Strömung wird im erſten Falle das Einſtrömen, im andern Falle das Ausſtrömen genannt. — Um häufige kleine Funken aus der zu electriſirenden Stelle zu erhalten, wird dieſelbe mit einem wollenen Zeuge (z. B. mit Flanell) bedeckt, der Kranke ins electriſche Bad geſetzt, und die Kugel eines mit der Erde verbundenen Directors dann auf dem Flanell ſchnell hin und her bewegt. Man hat dieſe Art der Behandlung die electriſche Reibung genannt. — Größere electriſche Funken werden am leichteſten auf folgende Weiſe angewendet. Man ſtellt den Funkenmeſſer in geringe Entfernung vom Conductor, verbindet denſelben mit dem iſolirten Kranken, und berühret dann mit der Kugel des Directors die zu electriſirenden Stellen. So viel Funken aus dem Conductor überſpringen, ſo viele empfindet der Electriſirte. Um die Wirkung des Funkens von einem gewiſſen Körpertheile A auf einen andern beſtimmten Theil B fortzuführen (daß er alſo bloß zwiſchen dieſen Theilen wirke), drückt man die Kugel des ſchon erwähnten Directors an den Theil A, die Kugel eines zweyten Directors, der mittelſt einer Kette mit der Erde verbunden iſt, an den Theil B. Auf dieſelbe Art beſtimmt man mittelſt zweyer Directoren auch dem

electriſchen Schlage den Weg durch die Stellen A und B, nur mit dem Unterſchiede, daß der eine Director mit der äußern Belegung der Flaſche, der andere aber mit der innern Belegung verbunden wird. Um aber einen Schlag von beſtimmter und immer gleicher Stärke hervor zu bringen, dient das Auslade-Electrometer. — Endlich kann man auch die Leitung, welche zu der äußern Belegung der Flaſche führt, mit einem Stückchen naſſer Schnur unterbrechen, und ſo die electriſchen Schläge in ſchneidende Funken verwandeln. —

## B. Erſcheinungen und Geſetze der durch Berührung erregten Electricität.

### Allgemeine Erfahrungen.

§. 916. Wenn zwey verſchiedene Metalle, oder auch andere Leiter der Electricität (ſelbſt zwey verſchieden geſtaltete Stücke desſelben Metalls) in gegenſeitige Berührung kommen: ſo ergeben ſich als Folge davon manche merkwürdige Erſcheinungen, die bey näherer Betrachtung als electriſche ſich erweiſen. Man nennet ſie auch galvaniſche, nach Aloys Galvani, von welchem einige bereits im Jahre 1791 gemachte Beobachtungen den erſten Anlaß zur Entdeckung der Berührungselectricität gegeben haben.

Als merkwürdiges Beyſpiel von dergleichen Erſcheinungen mögen einſtweilen folgende dienen: 1) Man nehme einen Streifen von Zink und einen anderen von Silber oder Kupfer; den einen lege man auf die obere Fläche der Zunge nahe der Spitze, den andern auf die untere Fläche, und bringe dann die vorragenden Theile in Berührung: man wird ſogleich einen merklichen Geſchmack verſpüren, der vor der Berührung der Streifen unter einander nicht da war. Dieſer Geſchmack iſt ſäuerlich, wenn die obere Fläche der Zunge mit Zink, er iſt laugenhaft, wenn ſie mit Silber oder Kupfer berührt worden iſt. Auch zwey Löffel, der eine von Silber, der andere von Zinn, können allenfalls zur Anſtellung dieſes Verſuches dienen, oder auch zwey dicke, an dem einen Ende breit geſchlagene Drähte aus Zink und Kupfer.

2) Wenn einer von den Metallſtreifen an das Zahnfleiſch auf der rechten Seite des Mundes, der andere an das auf der linken Seite angedrückt wird, und dann die aus dem Munde hervorragenden Enden einander ſchnell bis zur Berührung genähert werden: ſo hat man eine augenblickliche, blitzähnliche Lichtempfindung. 3) Vorzüglich merkwürdig ſind die Wirkungen der durch Berührung zweyer heterogenen Leiter erregten Thätigkeit auf die Muskeln und Nerven. Wenn nähmlich thieriſche, mit Muskeln verſehene Organe durch zwey verſchiedene, in leitender Verbindung ſtehende Metalle berührt werden: ſo gerathen ſie, auf dieſe Weiſe gereizt, in zuckende Bewegung. Und zwar zeigen dieſe Organe oft noch große Erregbarkeit, wenn ſie dieſelbe ſchon ganz verloren zu haben ſcheinen. Derley Beobachtungen kann man am leichteſten an Fröſchen anſtellen, und zwar ſowohl an lebenden als auch an getrennten Schenkeln derſelben.

Art, den Verſuch mit einem Froſche anzuſtellen. Man entblöße den Schenkelnerven (welcher nähmlich aus dem Rückenmarke in den Schenkelmuskel geht), entblöße den Schenkel ſelbſt, der Kopf und das Übrige kann ganz weggetrennt werden. Nun berühre man den Muskel mit der Spitze eines Metalldrahtes, oder auf eine andere Weiſe: und der Froſch wird unbewegt bleiben. Daſſelbe geſchieht, wenn der Nerve allein berührt wird. Sobald man aber den Nerven mit einem Metalle und den Muskel mit einem andern berührt, und die Metalle verbindet: erfolgt augenblicklich die Zuſammenziehung des Schenkels. Dieß findet oft noch Statt nach mehreren Stunden (während dem ſchon alle Lebenskraft im Froſche erloſchen zu ſeyn ſcheint).

Dieſe Beobachtungen an Fröſchen waren es, welche Galvani im J. 1791 zuerſt gemacht hatte, und welche der Anlaß zu der Lehre von der Berührungselectricität geworden ſind.

§. 917. Alle dieſe Erſcheinungen ſind Wirkungen der Electricität. Denn wenn zwey iſolirte heterogene gute Leiter mit einander in Berührung kommen, und dann getrennt werden: ſo zeigt der eine freyes + E, der andere freyes — E. Volta hat dieſes durch Verſuche außer Zweifel geſetzt, wozu er ſich zweyer mit gläſernen Handhaben verſehener Platten bediente, aus denen die eine von Zink, die andere von Kupfer war.

Er näherte die Platten bis zur gegenſeitigen Berührung, und ſogleich zeigten ſie ſich electriſirt. Die Electricität der Zinkplatte war poſitiv, die der Kupferplatte negativ. Doch war ihre Electricität ſo ſchwach, daß ſie nur mittelſt des Condenſators (§. 891.) wahrnehmbar gemacht werden konnte. Er näherte nähmlich die Zinkplatte, nachdem er ſie von der Kupferplatte ſchnell getrennt hatte, der Kugel g des (in Zeichn. 407 vorgeſtellten) Condenſators, und berührte zugleich mit der Kupferplatte einen andern Leiter, damit ſie in den Zuſtand der electriſchen Indifferenz zurückkehre. Dieß wiederhohlte er einige Mahle, um in der Sammelplatte die geringen Quantitäten von Electricität anzuhäufen. Nachdem er dann den Deckel des Condenſators aufhob: divergirten die Pendelchen, und die Electricität ward poſitiv befunden. Er wiederhohlte denſelben Verſuch mit dem Unterſchiede, daß nun anſtatt der zinkenen Platte die kupferne mit der Kugel g in Berührung kam; die Electricität, vermöge der die Pendelchen divergirten, war — E. — Die Sammelplatte war im erſten Falle von Zink, im zweyten von Kupfer.

Volta bediente ſich zu ähnlichen Verſuchen auch einer Metallplatte, welche aus zwey an den Endſeiten zuſammen gelötheten Platten (einer kupfernen und einer zinkenen) beſtand. Er nahm die Zinkplatte in die Hand, und brachte die Kupferplatte mit der Sammelplatte des Condenſators (die hier aus Kupfer verfertigt angenommen wird) in Berührung, wie dieſes in der Zeichn. 408. dargeſtellt iſt. Nach Wegnahme der Kupferzinkplatte war der Condenſator negativ electriſirt. Hier erhielt nähmlich die Sammelplatte des Condenſators das — E der Kupferplatte, welches frey war, weil die Zinkplatte ihr + E weiter abgeben konnte. — Volta nahm nun die Kupferplatte in die Hand, und berührte die Sammelplatte des Condenſators mit der Zinkplatte. Man wird vielleicht, ohne genauere Beachtung des Vorganges, erwarten, daß nun jene Sammelplatte nach der Trennung + E hatte; allein ſie zeigte o E. Warum? Weil ſie (alſo Kupfer) mit Zink in Berührung kam, und eben darum nicht als bloßer Leiter ſich verhielt. Volta deckte aber früher die Sammelplatte mit naſſem Papier; ſie zeigte dann nach der Berührung und Trennung + E. Es wirkt nähmlich jetzt der naſſe Leiter bloß leitend. — Dieſes wird in der Folge noch deutlicher werden.

§. 918. Electromotoriſche Kraft, und die daher rührende electriſche Spannung. — Die Urſache, aus welcher zwey einander berührende Leiter die entgegengeſetzten Electricitäten erhalten, iſt unbekannt. Man nennt ſie electromotoriſche Kraft, hat aber dadurch ihr nur einen Nahmen ertheilt, doch keineswegeſ ihr Weſen angegeben. Dieſe Kraft nun muß offenbar für zwey beſtimmte gegenſeitig auf einander wirkende Körper unter gleich bleibenden Umſtänden dieſelbe Größe haben; daher muß auch der electriſche Unterſchied für dieſe Körper immer derſelbe ſeyn. Nennt man die erregte poſitive Electricität des einen + 1, die negative des andern — 1, ſo iſt dieſer Unterſchied = 2. Wird der eine dieſer Körper leitend mit dem Erdboden verbunden: ſo wird ſeine Electricität null. Da nun der Unterſchied der beyden Electricitäten derſelbe bleiben muß: ſo wird die Electricität des iſolirten = + 2 oder = — 2 ſeyn, je nachdem er den poſitiven oder den negativen electriſchen Zuſtand durch Berührung erhält.

Bey jedem andern Körperpaare aber läßt ſich höchſt wahrſcheinlich eine andere Größe der electromotoriſchen Kraft mit Recht vermuthen, indem ſie (worin ihr Weſen auch immer beſtehen mag) doch von der verſchiedenen gegenſeitigen Beſchaffenheit der verſchiedenen Leiter abhängen muß. Ward z. B. bey irgend einem Körperpaare die Spannung durch + 1 und — 1 bezeichnet: ſo kann ſie für ein anderes Körperpaar etwa = + 2 und — 2, für ein drittes = + 3 und — 3 ſeyn u. ſ. w., mithin der Unterſchied der Electricitäten = 4, oder = 6 u. ſ. w. — Was, dem Geſagten zu Folge, mit Grunde vermuthet werden kann, wird auch durch die Erfahrung beſtätigt, wie die Verſuche lehren, welche darüber ſowohl bereits von Volta als auch von vielen ſpätern Forſchern ſind angeſtellt worden. Überdieß ergab ſich aus dieſen Verſuchen als Hauptreſultat Folgendes: Feſte oder trockene Leiter (zu welchen vorzüglich die Metalle, die Kohle und kohlenhaltige Körper gerechnet werden) bewirken bey gegenſeitiger Berührung die ſtärkſte Electricität. Vielleicht keine, wenigſtens eine bey weitem ſchwächere, daher nicht leicht wahrnehmbare, iſt die Folge der Berührung zweyer

feuchten Leiter (wozu, außer dem Waſſer, die Säuren, die Alkalien und die Auflöſungen verſchiedener Salze gehören); eine gleichfalls äußerſt ſchwache wird durch Berührung eines trockenen mit einem feuchten Leiter hervorgerufen. Volta nannte die trockenen Leiter in Beziehung auf einander Erreger, Electricitätsbeweger (Electromotoren), auch Leiter des erſten Ranges, die feuchten dagegen Leiter des zweyten Ranges. Einen feuchten Leiter in Verbindung mit zwey feſten Erregern ſieht man (der Bequemlichkeit wegen) als bloßen Leiter an, um nicht auf die verhältnißmäßig beynahe verſchwindende Electricitätserregung auch Rückſicht nehmen zu müſſen.

Spannungsreihen. So nennt man eine Reihe von Erregern, die nach den durch ſie erregten Electricitäten geordnet werden. Schon Volta hat dergleichen für die trocknen Erreger angegeben. Eine der vollſtändigſten iſt die von Pfaff, aus der wir nur folgende Körper ausheben: Zink, Bley, Zinn, Eiſen, Wismuth, Kobalt, Arſenik, Kupfer, Antimonium, Platin, Gold, Queckſilber, Silber, Kohle, Schwefelkies, Kupferkies, Bleyglanz, Graphit, Wolfram. Jeder vorhergehende Körper erhält in Berührung mit jedem folgenden + E, der folgende aber — E. Dieſe E ſind deſto ſtärker, je weiter ein Körper von dem andern in der Reihe entfernt iſt. Volta gab in ſeiner Reihe auch die von ihm gefundenen electriſchen Differenzen für jedes Körperpaar an. Er fand nähmlich dieſe Differenz zwiſchen Zink und Bley = 5, zwiſchen Bley und Zinn = 1, zwiſchen Zinn und Eiſen = 3, zwiſchen Eiſen und Kupfer = 2, zwiſchen Kupfer und Silber = 1. Mithin iſt die Differenz zwiſchen Zink und Eiſen = 5 + 1 + 3 = 9, zwiſchen Zinn und Kupfer = 3 + 2 = 5, zwiſchen Zink und Silber = 5 + 1 + 3 + 2 + 1 = 12. — Äußerſt ſchwierig iſt es eine Spannungsreihe für die feuchten Erreger anzugeben. —

Um Spannungsreihen aufzufinden, hat man ſich folgender Methoden bedient: 1) Man verſuchte die erregten Electricitäten am Condenſator (§. 891.). Dieſer Methode bediente ſich Volta. — 2) Man brachte immer zwey Erreger an ein Froſchpräparat (§. 916. Zuſ.), jeden an ein anderes Ende desſelben. Verbindet man beyde Erreger: ſo erfolgt eine Zuckung (Schließungszuckung); trennt man ſie: ſo erfolgt wieder eine Zuckung (Trennungszuckung), an welchem Ende die Schließungszuckung ſtärker iſt, dort befindet ſich der poſitive Erreger, das Umgekehrte gilt für die Trennungszuckung. Die-

ſer Methode bediente ſich Ritter. — 3) Man unterſuchte die Richtung des electriſchen Stromes mittelſt der Magnetnadel. Dieſe Methode iſt die vorzüglichſte, weil ſie ſehr ſchwache Ströme anzeigt; ſie kann aber erſt in der Lehre vom Electromagnetismus näher angegeben werden. Ihrer bediente ſich Pfaff, Mariani u. a. m. Mittelſt dieſer Verſuche hat ſich auch ergeben, daß ſchon ein ſehr kleiner Unterſchied zweyer Leiter hinreichend ſey, ſie gegenſeitig zu Erregern zu machen.

§. 919. Electriſcher Strom, electriſche Kette. — Werden zwey mit einander verbundene Erreger (z. B. Kupfer und Zink), an deren einem + E, an dem andern — E entſtand, mit einander durch einen Körper verbunden, der als bloßer Leiter wirkt (z. B. durch Waſſer oder eine ſchwache Säure); ſo kann dieſes + E und — E ſich gegenſeitig aufheben, und hebt ſich auf. Es ſollte jetzt electriſches Gleichgewicht Statt finden. Allein ſo lange die Verbindung der zwey Erreger fortdauert, muß immer neues + E und — E entſtehen, wird wieder aufgehoben, entſtehet neuerdings u. ſ. w. Es iſt mithin ein dauernder electriſcher Strom vorhanden. Nach der Vorſtellungsweiſe der Unitarier ſtrömt diejenige Menge der electriſchen Materie, die ſich bey der Berührung beyder Körper vom Kupfer auf das Zink begab, um hier + E (relativen Überfluß) zu bewirken, durch den feuchten Leiter auf das Kupfer zurück, um hier das — E (den relativen Mangel) aufzuheben; begibt ſich wieder auf das Zink, um neuerdings ein + E hervorzubringen u. ſ. w. Nach der dualiſtiſchen Vorſtellungsweiſe denkt man ſich zwey Strömungen in entgegengeſetzter Richtung; indeſſen ſpricht man (der Bequemlichkeit wegen) auch hier immer nur von einem Strome, nähmlich von dem poſitiven.

Eine ſolche Verbindung zweyer Erreger A, B und eines Leiters L nennt man eine Kette, und zwar eine geſchloſſene, wenn A mit B, B mit L und L mit A verbunden iſt. Iſt dieſe Verbindung nicht ſich ſchließend: ſo iſt die Kette offen, und natürlicher Weiſe hört dann der electriſche Strom auf.

Eigentlich kann man jede Verbindung von Leitern eine Kette nennen; aber nur eine ſolche, wie die hier angegebene, iſt eine merklich wirk-

ſame, einen merklichen electriſchen Strom herbeyführende. So iſt z. B. nicht ſchwer einzuſehen, daß eine Verbindung von drey trockenen Erregern zwar eine Electricitätserregung, und ſo lange ſie offen iſt, eine Spannung bewirke, daß aber bey Schließung derſelben kein electriſcher Strom vorhanden ſey. Geſetzt, dieſe Erreger ſeyen Eiſen (E), Kupfer (K), Silber (S); es ſey (nach §. 918. Zuſatz) die electriſche Differenz zwiſchen E und K = 2, zwiſchen K und S = 1, mithin zwiſchen E und S=3. Dieſe Electricitätsdifferenzen finden Statt ſchon bey der offenen Kette, werden aber bey der Schließung derſelben nicht aufgehoben, indem die Differenz zwiſchen den Endgliedern E und S ſchon = 3 iſt, und mithin bey der Verbindung von S mit E nicht geändert wird. Man kann überhaupt ſagen: wenn die zwey Endglieder einer beliebigen Reihe von einander berührenden Körpern bereits denjenigen Spannungsunterſchied beſitzen, den ſie gleichfalls beſitzen würden, wenn auch ſie zur Berührung kämen: ſo tritt bey der Schließung der Kette keine neue Thätigkeit ein; die geſchloſſene Kette unterſcheidet ſich in dieſer Beziehung nicht von der offenen, und iſt mithin nicht geeignet, einen electriſchen Strom zu bewirken.

Daß ein thieriſcher feuchter Theil zwiſchen zwey Metallen eine aus zwey Erregern und einem Leiter beſtehende Kette bilde, iſt an ſich klar.

§. 920. Wovon die Stärke des electriſchen Stromes in der Kette abhänge. — Offenbar muß er, unter übrigens gleichen Umſtänden, deſto ſtärker ſeyn, je größer die electriſche Differenz beyder Erreger iſt; ſo wird z. B. Zink einen ſtärkeren Strom mit Silber herbeyführen, als mit Zinn oder Bley. Aber auch bey zwey beſtimmten Erregern ſind noch folgende Umſtände von Einfluß:

1) Das Leitungsvermögen des als bloßer Leiter dienenden Körpers. Beſſer als reines Waſſer eignen ſich dazu Auflöſungen von Salzen (z. B. Kochſalz, Salmiak); noch ſtärkere Wirkung machen alkaliſche Laugen, die ſtärkſte aber mit Waſſer verdünnte Säuren. — 2) Die Dicke der Schichte des flüſſigen Leiters, welche möglichſt gering ſeyn ſoll; denn keine Flüſſigkeit leitet ſo ſchnell als die Erreger ſich laden; die Schnelligkeit des Stromes wird mithin mehr aufgehalten, wenn er eine dickere Schichte durchzugehen hat. — 3) Die Reinheit der ſich berührenden Erreger,

denn je inniger die Berührung derſelben mit einander und mit dem feuchten Leiter iſt, deſto mehr wird die Electricität erregt, und deſto leichter fortgeleitet. — 4) Die Größe der Oberflächen der Erreger, welche mit dem feuchten Leiter in Berührung kommen. Zwey größere Platten bekommen zwar keine größere Spannung als zwey kleinere aus denſelben Metallen, allein bey jenen geben mehrere Puncte einen electriſchen Strom. Mithin werden alle jene Wirkungen vermehrt, die nicht ſo ſehr von der Spannung als von der Menge der Electricität abhängig ſind. — Nicht ganz gleichgültig, doch von geringerem Einfluſſe iſt es, ob die metalliſchen Erreger an wenigen oder vielen Puncten in gegenſeitiger Berührung ſind.

Der Einfluß aller dieſer Umſtände zeigt ſich beſonders wichtig an den ſpäter zu behandelnden zuſammengeſetzten Ketten.

Zu Leitern verwendbare Flüſſigkeiten. Eine geſättigte Salmiakauflöſung gibt eine ſtarke Wirkung, doch iſt ſie koſtbarer als Säuren. Wirkſam iſt auch Kochſalz mit Eſſig. Zu den wohlfeilſten gehört wohl die mit etwa 60 Theilen Waſſers verdünnte Schwefelſäure; nur iſt dabey das ſich entwickelnde Waſſerſtoffgas läſtig. Man bedient ſich auch ſtatt bloßer Schwefelſäure einer Miſchung aus dieſer und der Salpeterſäure zu gleichen Theilen (dem Raume nach). Sollen die Wirkungen recht ſtark ſeyn: ſo verdünnt man ſie mit vierzig Mahl (manchmahl nur mit zwanzig Mahl) ſo viel Waſſer. — Übrigens hat Davy die Säuren nach ihrer Wirkſamkeit in folgende Ordnung von der ſtärkſten bis zur ſchwächſten gebracht: Salperſalzſäure, Salpeterſäure, ſalpetrige Säure, Schwefelſäure, Phosphorſäure, vegetabiliſche Säuren, ſchwefelichte Säure, Blauſäure, Schwefelwaſſerſtoffſäure. —

Marianini hat gleichfalls über die Leitungsfähigkeit verſchiedener feuchter Leiter Verſuche angeſtellt, und dieſe Subſtanzen, von denen immer ein Theil in 100 Theilen reinen Waſſers aufgelöſet war, mit dem Seewaſſer verglichen. Die beygeſetzten Zahlen geben die verhältnißmäßige Größe der Leitungsfähigkeit an. Seewaſſer = 100; flüſſiges Ammoniak = 32,6; phosphorſaures Natrum = 46,0; ſchwefelſaures Zink = 51,64; Kali = 55,68; ſalzſaures Eiſenoxydul = 56,53; ſalpeterſaurer Kalk = 57,0; ſchwefelſaures Eiſenoxydul = 62,26; ſchwefelſaure Magneſia = 62,64; doppelt kohlenſaures Kali = 66,7; kohlenſäuerliches Natron = 69,2; ſchwefelſaures Natron

= 74,2; ſchwefelſaures Kali = 80,0; ſalzſaures Natron = 84,79; Alaun = 85,0; Citronenſäure = 85,71; Eſſigſäure = 87; Weinſteinſäure = 98,66; ſalzſaurer Kalk = 110; Phosphorſäure = 127; Salmiak = 150; Salzſäure = 164; Schwefelſäure = 239; Salpeterſäure = 353; ſalzſaures Platin = 418. Reines Waſſer gibt Marianini hundert Mahl ſchlechter leitend an als Seewaſſer. —

§. 921. Wirkungen des electriſchen Stromes. — Dieſe laſſen ſich auffallender mittelſt Zuſammenſetzung von mehreren Ketten beobachten, von welchen in der Folge die Rede ſeyn wird; doch ſollen dieſelben, ſo wie ſie ſich ſchon bey einfachen Ketten deutlich zeigen, hier angeführt werden. Die merkwürdigſten derſelben auf die Körper, die der electriſche Strom durchgehet, ſind:

1) Phyſiologiſche Erſcheinungen. Hierher gehören die bereits oben angeführte Lichterſcheinung und Geſchmackserregung (§. 916.). Jene findet Statt bloß in dem Augenblicke, wenn die Kette geſchloſſen wird, iſt mithin eine Folge der Aufhebung der electriſchen Spannung durch momentanen Strom; die Geſchmacksempfindung aber dauert fort und ſcheint vorzüglich in der Zerſetzung des Speichels durch den electriſchen Strom gegründet zu ſeyn. Eine Folge der Aufhebung der electriſchen Spannung ſind auch die oben angeführten Zuckungen des Froſchpräparates.

2) Electriſche Funken. Zur Hervorbringung derſelben ſind größere Metallplatten nöthig. Bequem zu ſolchen und ähnlichen Verſuchen iſt ein länglicher enger Trog von Kupferblech k (Zeichn. 409.), der etwa 1 Fuß lang und eben ſo hoch iſt. Dieſer wird mit der ſauern Flüſſigkeit angefüllt und die Zinkplatte z ſo hineingetaucht, daß ſie das Kupfer nirgends berührt. Man kann zu dieſem Behufe an dieſe Platte beyderſeits Streifen aus Holz anbringen; denn für dieſe ſchwache Electricität iſt Holz als Nichtleiter anzuſehen. Wird nun von dem Kupfer ein Metalldraht in ein mit Queckſilber gefülltes Gefäß geleitet, und ein anderer mit der Zinkplatte verbundener Metalldraht mit ſeiner Spitze der Oberfläche des Queckſilbers genähert: ſo erſcheint hier ein zwar äußerſt kleiner, doch lebhafter Funke.

3) Entwickelung von Wärme. Wird derſelbe Kupfertrog mittelſt eines Drahtes mit der Zinkplatte verbunden: ſo erſcheint dieſer Draht merklich warm. Bey großen Apparaten dieſer Art, und bey Anwendung ſtärkerer Säuren kann ein dergleichen dünner Draht bis zum Glühen erhitzt werden. Ein äußerſt dünner Draht indeſſen kann ſchon bey kleinen Platten glühend werden, wie Wollaſton an ſeinem ſogenannten galvaniſchen Feuerzeuge gezeigt hat.

4) Chemiſche Wirkungen, zu welchen vorzüglich die Zerſetzung des Waſſers gehört. Ein leichter Verſuch darüber iſt folgender. In einen Glasbecher wird eine Silber- oder Kupfermünze gelegt, und darüber mit Waſſer verdünnte reine Salzſäure gegoſſen. Nun taucht man ein Zinkſtänglein in die Flüſſigkeit, ohne das untere Metall zu berühren; es werden nur einige Gasbläschen an der Oberfläche des Zinkes zum Vorſcheine kommen. Man bringe aber jetzt das Zinkſtänglein mit dem untern Metalle in Berührung, und ſogleich zeiget ſich ſowohl an dieſem als am Zinke eine lebhafte Gasentwickelung. Dieſes Gas iſt Waſſerſtoffgas, welches in luftförmiger Geſtalt entweicht, während der Sauerſtoff ſich mit dem Zinke verbindet und es oxydirt. Dieſelbe Erſcheinung erhält man, wenn eine mit etwas Platindraht umwickelte Zinkſtange in dieſe Flüſſigkeit getaucht wird. —

Vorzüglich merkwürdig endlich iſt die Wirkung des electriſchen Stromes in die Ferne auf einen andern electriſchen Strom und auf die Magnetnadel. Von dieſer Erſcheinung kann indeſſen (wie ſchon früher gelegenheitlich iſt erinnert worden) erſt an ſpäteren Orten die Rede ſeyn.

Wollaſton's oben erwähntes Feuerzeug iſt ein kleiner, etwa 1 Zoll breiter plattgedrückter Ring aus Silber, in welchem ein Zinkplättchen iſolirt befeſtigt iſt. Vom Zink und Silber ſtehen Drähte empor, zwiſchen welchen ein Stückchen von äußerſt feinem Platindrahte ſich befindet. Wird der Apparat in Salpeterſäure getaucht: ſo erglühet der Platindraht.

Noch einige leichte Verſuche. Man gieße ein wenig ſalpeterſaure Silberauflöſung (welche mit etwa 24 Theilen Waſſers iſt verdünnt worden) auf eine Glasſcheibe und berühre dieſelbe an dem einen Ende mit einem Drahte von Platin, an dem andern mit einem

Kupferdrahte. Sobald beyde Drähte außer der Flüſſigkeit mit einander in Berührung gebracht werden, erſcheint an dem Platindrahte Silber. — Ein Tropfen Kupfervitriolauflöſung werde auf eine reine Silbermünze gelegt. Wird ein Eiſenſtäbchen in den Tropfen gehalten: ſo überzieht das Stäbchen ſich mit Kupfer. Wird aber zugleich die Münze mit dem Stäbchen berührt: ſo ſchlägt ſich Kupfer auf der Münze nieder.

Die zuſammengeſetzte Kette.

§. 922. Um die an der einzelnen electriſchen Kette beobachteten Wirkungen zu verſtärken, hat man es verſucht, mehrere Ketten an einander zu fügen. In einem ſolchen zuſammengeſetzten Apparate befindet ſich zwiſchen jedem Paare von Erregern eine Schichte aus einer Subſtanz, die als bloßer Leiter ſich anſehen läßt. Zu der letztern bedient man ſich gewöhnlich irgend einer Flüſſigkeit, dann nennet man den Apparat, nach deſſen Erfinder, die Volta'ſche Säule. Man hat indeſſen auch feſte Körper (z. B. Papier) als Zwiſchenkörper anzuwenden geſucht, in welchem Falle die Vorrichtung eine trockene Säule genannt wird. — Jede einzelne Kette irgend einer Säule heißt ein Element.

Auch aus zwey naſſen und einem trockenen Körper hat man es verſucht, Säulen zuſammen zu ſetzen; doch wegen der geringen Wirkſamkeit derſelben können ſie hier übergangen werden.

Von der ſogenannten zweygliederigen Säule indeſſen ſoll eine kurze Erwähnung geſchehen. Eine ſolche ſetzte Zamboni zuſammen aus Zinnblättchen, die in feine Spitzen ausliefen, und die er in Uhrgläſer, welche mit Waſſer gefüllt waren, ſo ſetzte, daß die Spitze jedes Blättchens in das eine Gläschen, der breite Theil in das nächſte eingetaucht war. Er bemerkte an dem erſten und letzten Blättchen eine kleine electriſche Spannung, und zwar $+$ E an dem breiten, $-$ E an dem ſpitzigen Theile.

§. 923. Die eigentliche Volta'ſche Säule. Nach ihrer urſprünglichen Einrichtung beſteht dieſelbe aus einer größern oder geringern Anzahl Scheiben eines Metalles (z. B. des Zinks), aus einer gleichen Anzahl Scheiben eines andern Metalles (z. B. des Kupfers) und aus einer um eine Einheit kleinern Anzahl Scheiben von Tuch, Pappe oder einer andern Materie, die mit Waſſer oder einer Salzauflöſung oder einer ſchwa-

chen Säure durchdrungen ſind. Alle dieſe Scheiben werden auf folgende Art über einander gelegt: Zink, Kupfer, feuchter Leiter; Zink, Kupfer, feuchter Leiter; - - - Zink, Kupfer. Oder auch: Kupfer, Zink, feuchter Leiter u. ſ. w. Alſo, durch die Anfangsbuchſtaben ausgedrückt: z k f z k f - - z k, oder k z f k z f - - k z. (S. Zeichn. 410.) Um die Aufſchichtung zu beſchleunigen, pflegt man wohl auch die Scheiben von Kupfer und Zink, die einander berühren ſollen, zuſammen zu löthen. — Die beyden Enden einer ſo aufgeſchichteten Säule nennt man ihre Pole; und zwar heißt der untere Pol einer Säule, wie z k f z k f z k, Zinkpol, der obere Pol derſelben Kupferpol. Beyde Pole pflegen mit Metalldrähten verſehen zu werden, zur leichtern Verbindung derſelben. Dieſe Drähte nennet man Polardrähte oder Schließungsdrähte. Um ſie iſolirt anfaſſen zu können, zieht man ſie durch Glasröhren.

Man ſieht von ſelbſt ein, daß die verticale Stellung bey einer ſolchen Vorrichtung nicht nothwendig ſey; es iſt eben ſo leicht einzuſehen, daß auch die Geſtalt einer Säule dem Apparate nicht weſentlich ſey. Man hat mithin, theils um mehr Bequemlichkeit, theils um größere oder auch länger anhaltende Wirkung zu erhalten, mehrerley Vorrichtungen dieſer Art ausgedacht. Die vorzüglichſten derſelben ſind: 1) der eigentliche Trogapparat, welcher in der Zeichn. 411. abgebildet iſt. Es iſt dieſes ein länglicher Trog, deſſen Wände von innen mit einer nichtleitenden Materie bedeckt ſind. In dieſen werden Doppelplatten, deren jede aus einer Zinkplatte und einer darauf gelötheten Kupferplatte beſteht, in geringen Entfernungen von einander, vertical und ſo eingeſetzt, daß ſie mit den kleinern Wänden des Troges, und alſo auch mit einander eine parallele Lage haben, und mithin Zellen bilden, welche mit der leitenden Flüſſigkeit angefüllt werden. 2) Der Becherapparat, oder Volta's Becherkreis. Dieſer iſt eine Reihe von Gefäßen, welche mit der leitenden Flüſſigkeit gefüllt ſind. In jedem iſt eine Zink- und eine Kupferplatte, doch ſo, daß ſie einander nicht berühren. Jede Kupferplatte iſt mit einem Haken verſehen, mittelſt deſſen ſie mit der Zinkplatte des nächſten Gefäßes verbunden wird. Ein ſolcher Apparat iſt

in der Zeichn. 412. abgebildet. — 3) Eine Art Becherapparat, welcher dem Äußern nach einem Trogapparate ähnlich iſt, und gewöhnlich auch ſo genannt wird, beſtehet aus einem Troge mit länglich viereckigen Zellen, ganz aus Porzellan, oder einer ähnlichen Materie verfertigt. Die Zellen werden mit der Flüſſigkeit gefüllt. Von den Metallplatten, welche hineingetaucht werden, iſt immer eine Kupferplatte mit einer Zinkplatte nur an einer Stelle der obern Kanten mittelſt eines angelötheten Metallſtreifens (wozu man Bley zu nehmen pflegt) zuſammengefügt. Sie werden ſo in die Zellen geſtellt, wie die Platten des oben beſchriebenen Becherapparates; die Kupferplatte der Zelle A iſt mit der Zinkplatte der nachbarlichen Zelle B verbunden, die Kupferplatte der Zelle B mit der Zinkplatte der Zelle C u. ſ. f. — Damit die Platten eine möglichſt parallele Lage erhalten, auch alle zugleich eingetaucht und ausgehoben werden können, pflegt man eine Anzahl derſelben an einen Balken von gebackenem Holze der Reihe nach feſt zu machen, wie dieſes in der Zeichn. 413. dargeſtellt iſt. Man bedient ſich auch getrennter Zellen von Glas (Z. 414.).

Ein zu vielen Verſuchen bequemer Apparat kann aus Elementen zuſammengeſetzt werden, wie eines bereits als einfache Kette im §. 921. iſt angegeben und durch die Zeichn. 409. abgebildet worden. Um mehrere ſolche Elemente zu verbinden, wird an jede Zinkplatte ein Kupferſtreifen k gelöthet, und jeder Kupfertrog mit einem kleinen Gefäßchen g (Zeichn. 415.) verſehen. In dieſes mit etwas Queckſilber gefüllte Gefäßchen wird der Kupferſtreifen des nachbarlichen Elementes getaucht. Die Anwendung des Queckſilbers hier und bey allen ähnlichen Verbindungen iſt darum räthlich, weil in allen ſolchen Fällen eine genaue metalliſche Berührung von größter Wichtigkeit iſt.

Um die Wirkungen eines bedeutend großen Apparates mit Bequemlichkeit zu erhalten, kann man auch zwey, drey oder mehrere kleinere Säulen (von welcher Art ſie übrigens ſeyn mögen) mittelſt metalliſcher Leiter ſo unter einander verbinden, daß die ungleichnahmigen Pole vereinigt werden, wie man dieß ſieht in der Zeichn. 416. Von dem zuſammengeſetzten Apparate iſt der Zinkpol in A, der Kupferpol in B. — Werden dagegen die gleich-

nahmigen Pole verbunden, ſo hat man die Wirkung eines Apparates von wenigen Elementen, aber von größern Flächen.

Die meiſte Wirkung macht die gewöhnliche Säule, bey welcher die mit Flüſſigkeit getränkten Scheiben von Tuch, Filz u. dgl. m. zwiſchen die Metallpaare gebracht werden; ihre Wirkſamkeit nimmt aber ſchneller ab. Auch iſt die nothwendige Reinigung der Platten von dem ſich bildenden und darauf haftenden Oxyde eine läſtige Unbequemlichkeit. Man reinigt ſie am bequemſten, wenn man ein Bret hat, in welchem Höhlungen von der Größe der Platten eingegraben ſind. In eine jede Höhlung wird eine Platte gelegt, und ſo können mit einer Bürſte mehrere zugleich geſcheuert werden.

Dauerndere Wirkung erhält man durch die verſchiedenen Trogapparate. Nach beendigtem Verſuche wird die Flüſſigkeit ausgegoſſen, und die Zellen mit Waſſer ausgeſpült. Bey der dem Trogapparate ähnlichen Vorrichtung mit beweglichen Metallplatten hebt man nach beendigtem Verſuche die Platten heraus, und ſpült ſie ab. Dieſe Apparate wirken bey gleicher Größe und Anzahl der Scheiben ſchon darum ſchwächer als die Säulen, weil es ſchwer iſt, die Platten in einer genau parallelen Lage zu erhalten.

Man hat die Erfahrung gemacht, daß die Oberfläche der Kupferplatten gegen die der Zinkplatten mit ſehr gutem Erfolge könne verdoppelt werden. Zu dieſem Ende wird beym trogähnlichen Becherapparate jede Kupferplatte doppelt ſo groß gemacht, und umgebogen, ſo daß die Zinkplatte des nachbarlichen Paares zwiſchen das Kupfer zu ſtehen kommt, ohne es zu berühren. Die Zeichn. 417. ſtellt drey ſolche Plattenpaare im Durchſchnitte dar, und von oben geſehen. Auch die Elemente des in der Zeichn. 415. dargeſtellten Apparates haben eine doppelt ſo große Kupferoberfläche. — Die größte Säule in Beziehung auf die Größe der Platten iſt die von Children hergeſtellte, in Beziehung auf die Anzahl der Elemente die von Davy. Jene beſtand aus 20 Platten, deren jede eine Länge von 6 Fuß, eine Breite von 8 Zoll hatte; die letztere iſt zuſammengeſetzt aus 2000 Platten von 6 Zoll Länge, und 6 Zoll Breite; ſie befinden ſich in 200 mit einander verbundenen Trögen.

§. 924. Trockene Säulen. Bey ſolchen bedient man ſich als Erreger gewöhnlich zweyer verſchiedener Metalle, und trennet die einzelnen Paare derſelben durch einen trockenen Halbleiter (z. B. Papier), auch wohl durch einen Nichtleiter (z. B. Firniß). So erhält man z. B. eine trockene Säule aus über einander

geſchichteten und zuſammengeleimten Doppelſcheiben von unechtem Gold- und Silberpapier (nähmlich Kupfer- und Zinkpapier).

Die meiſten trockenen Säulen beſtehen aus ſolchen Papierſcheiben. Man macht ſie gewöhnlich klein, etwa von zwey Zoll im Durchmeſſer, nimmt aber eine große Anzahl derſelben dazu, wenigſtens einige hundert bis tauſend, auch wohl mehrere tauſende. — Zamboni hat trockene Säulen conſtruirt aus Scheiben von unächtem Silberpapier, welches auf der Rückſeite mit einer Schichte Manganoxyd überzogen wurde. Er fand indeſſen wirkſamer die Säulen aus Silberpapier, welches auf der Rückſeite mit einer Auflöſung von ſchwefelſaurem Zink in Waſſer genäßt und dann getrocknet wurde, und über welches (auf dem Papier ſitzen gebliebene) Salz gepulvertes und wohl getrocknetes Braunſteinoxyd eingerieben ward. — Jäger baute Säulen, bey welchen er zum Zwiſchenkörper ſich dünner Firnißſchichten bediente; auch ſetzte er Säulen zuſammen aus Glasſcheiben, deren entgegengeſetzte Seiten mit Kupfer und Zink belegt waren. Bohuenberger conſtruirte eine Säule aus Scheiben von gewalztem Zink und Kupfer; zum Zwiſchenkörper nahm er ſogenanntes Seidenpapier, welches mit Leinöhl getränkt, und in der Hitze getrocknet war. — Behrens hat Säulen erbaut aus Feuerſteinen, die auf der einen Seite einen Überzug von Zink, auf der andern von Kupfer hatten. — Biot machte Säulen aus Kupfer und Zink mit dazwiſchen gelegten Scheiben aus geſchmolzenem Salpeter. — Watkins baute eine Säule aus Zinkplatten, deren eine Fläche rauh gelaſſen, die andere polirt war. Er ſetzte ſie in einen Trog ſo ein, daß eine von der andern nur $^1/_2$ Linie abſtand, und alle polirten Flächen nach derſelben Gegend gerichtet waren. Die verſchiedenen Flächen ſind hier die Erreger, der trennende Körper iſt die Luft.

§. 925. Haupterſcheinung an jeder electriſchen Säule. Dieſe beſteht in dem electriſchen Zuſtande ihrer Pole. Um dieſen für die zwey Hauptfälle anzugeben, muß man unterſcheiden, ob die ganze Säule iſolirt, oder ob einer ihrer Pole mit dem Erdboden verbunden ſey. In dem erſten Falle zeigt ſich an dem Zinkpole freyes + E, am Kupferpole — E, nnd dieſe ſind deſto ſtärker, aus je mehr Elementen die Säule beſteht. Ferner nimmt + E und — E gegen die Mitte zu ab, und iſt in der Mitte null. Man nennt daher den Zinkpol auch den poſitiven, den Kupferpol den negativen. Tritt der zweyte Fall

ein, wird nähmlich der eine Pol mit der Erde leitend verbunden: ſo bekommt er o E, die Electricität des andern Poles dagegen wird doppelt ſo ſtark, als ſie es im iſolirten Zuſtaude der Säule wäre. Iſt mithin der mit der Erde verbundene Pol der negative: ſo wächſt von ihm an das + E gegen den Zinkpol hin; im entgegengeſetzten Falle wächſt das — E gegen den Kupferpol zu. — Man ſieht übrigens leicht ein, daß der electriſche Gegenſatz beyder Pole derſelbe ſey, mag die Säule iſolirt ſeyn oder nicht. Denn geſetzt, man drücke bey der iſolirten Säule die Electricitäten beyder Pole durch + 10 und — 10 aus, und denke ſich dann den Kupferpol mit der Erde verbunden: ſo iſt ſeine Electricität = o, die des Zinkpols aber (dem Geſagten zu Folge) = + 20. Nun iſt zwiſchen o und + 20 derſelbe Unterſchied, wie zwiſchen — 10 und + 10.

Dieſes hier angegebene Hervortreten der Electricitäten läßt ſich durch Verſuche nachweiſen, und zwar an den naſſen wie an den trocknen Säulen. Wird nähmlich mit irgend einem Pole der iſolirten Säule ein Electroſcop verbunden: ſo gehen die electroſcopiſchen Pendelchen aus einander; die Divergenz wird nahe doppelt ſo groß, wenn der andere Pol mit der Erde leitend verbunden wird; ſie wird auch deſto größer, je mehr Plattenpaare die Säule hat, doch iſt die Größe der Platten ohne Einfluß. Die naſſe Säule zeigt, bey gleicher Anzahl von Plattenpaaren, eine ſtärkere Spannung; da indeſſen dieſe nur bey einer bedeutenden Anzahl deutlich wahrnehmbar iſt, die Plattenpaare aber an einer trockenen weit bequemer ſich vermehren laſſen: ſo ſind Verſuche darüber an der letztgenannten Säule leichter anzuſtellen. Viele dergleichen ſind beſonders von Bohnenberger angeſtellt worden. Aus denſelben hat ſich zugleich ergeben, daß eine trockene Säule ſich langſamer lade, als eine naſſe. Daher denn auch manche Wirkungen, die von der Schnelligkeit der Ladung abhängen, hier nicht ſo wie bey den naſſen Statt finden können, wie an ſpäteren Orten wird gezeigt werden.

Einige aus Bohnenberger's Verſuchen:

1. Betreffend das Hervortreten des + E und — E an den entgegengeſetzten Polen der iſolirten Säule. Bohnen-

berger legte eine Säule aus 2000 Doppelſcheiben von zuſammengeleimtem unächten Gold- und Silberpapier horizontal über zwey Strohhalm-Electrometer ſo, daß jeder Pol derſelben auf einen Träger kam, der von dem Deckel eines der beyden Electrometer hervorragte (wie es die Zeichn. 418. darſtellt). Die Säule war demnach iſolirt. Wurden beyde Pole mittelſt eines iſolirten Drahtes mit einander verbunden: ſo divergirte keines der Electrometer. So bald dieſe Verbindung aufgehoben wurde, divergirten beyde, und nach einer Minute war die Divergenz des poſitiven = 10½°, die des negativen = 9½°. Die Electrometer wurden bey einem zweyten Verſuche umgetauſcht, und die Größen der Divergenzen waren umgekehrt. Die Intenſitäten des + E und — E waren alſo gleich, und nur die Electrometer nicht ganz übereinſtimmend. — Die Platten dieſer Säule hatten übrigens 3 Par. Linien im Durchmeſſer; die Säule befand ſich in einer von außen und innen mit Siegellack überzogenen Glasröhre; die Leitungsdrähte gingen durch Korkſtöpſel, womit die Röhre verſchloſſen war.

2. Betreffend den electriſchen Zuſtand einer nicht iſolirten Säule. — Der negative Pol der erwähnten Säule wurde nun ableitend berührt; die Divergenz am Electrometer des andern Pols ging jetzt auf 20°, war alſo die doppelte der vorigen.

3. Betreffend die Zunahme der Spannung mit der zunehmenden Anzahl der Plattenpaare. Mehrere gleiche Säulen wurden mittelſt der Polardrähte an ihren ungleichnahmigen Polen vereinigt, bildeten demnach eine größere Säule; das eine Ende wurde mit dem Erdboden verbunden, das andere mit dem Electrometer. Die Divergenz war immer der Anzahl der Säulen, alſo der Anzahl der Plattenpaare proportional.

4. Betreffend die Unabhängigkeit der Spannungsgröße von der Größe der Platten, den Einfluß dieſer letztern Größe dagegen auf die Schnelligkeit der Ladung. — Er ließ auf das Electrometer mehrere Säulen von gleicher Plattenzahl wirken, deren Platten aber eine verſchiedene Größe hatten; die Platten der einen Säule hatten 3 Linien, die einer andern 7 Linien im Durchmeſſer, die einer dritten waren Vierecke von 3 Quadratzoll, die einer vierten Vierecke von 36 Quadratzoll Fläche. Bey einer gleichen Anzahl von Plattenpaaren brachten alle dieſe Säulen dieſelbe Divergenz am Electrometer hervor, allein die kleinplattigen Säulen erforderten längere Zeit, um jene Divergenz zu bewirken, die ſie zu bewirken im Stande waren.

Übrigens ſind die aus Papierſcheiben conſtruirten Säulen wegen der

der ſtarken Anziehung des Papiers zur Feuchtigkeit nicht als voll=kommen trockene Säulen anzuſehen.

§. 926. Erklärung der Haupterſcheinung an der electromotoriſchen Säule. — Obgleich dieſe Erſcheinung (nähmlich das Zunehmen der electriſchen Spannung gegen die beyden Pole) bey allen Gattungen von Säulen dieſelbe iſt; ſo kann doch der Vorgang dabey in der vollkommen trock=nen Säule nicht ganz von der Art ſeyn, wie er in der naſſen Säule angenommen wird. Es ſoll mithin von jeder insbeſon=dere geſprochen werden.

I. Theorie der eigentlichen Volta'ſchen Säule, wie ſie bereits von Volta ſelbſt iſt gegeben worden. Der naſſe Leiter wird hier (wie ſchon erinnert worden iſt) als bloßer Leiter be=trachtet, als ein Körper nähmlich, durch deſſen Berührung mit den Metallplatten eine ſo ſchwache Erregung von Electricität Statt findet, daß ſie, verglichen mit der durch die gegenſeitige Berührung beyder Metalle hervorgerufenen, außer Acht kann ge=laſſen werden. Noch ſoll bemerket werden, daß Volta bey ſei=nen Darſtellungen ſich der Hypotheſe der Unitarier bediente (mit=hin unter + E und — E relativen Überfluß und Mangel an electriſcher Materie verſtand), ein Umſtand indeſſen, der an und für ſich gleichgültig iſt, indem ſich Alles eben ſo gut nach der dualiſtiſchen Vorſtellungsweiſe ausdrücken läßt, und man über=haupt aller Hypotheſen entbehren kann, ſobald man jedes + E und — E bloß als factiſch hervortretende, übrigens dem Weſen nach unbekannte, Thätigkeiten betrachtet.

Fürs Erſte iſt nun wohl leicht einzuſehen, daß ein bloßes Übereinanderſchichten von abwechſelnden Kupfer= und Zinkplatten keine Verſtärkung der Electricität der einzelnen Plattenpaare zur Folge haben könne. Denn angenommen, daß die electriſche Differenz zwiſchen Kupfer (K) und Zink (Z) immer = 2 ſeyn, und mithin in einem Plattenpaare K Z der electriſche Zuſtand = — 1 + 1 entſtehen müſſe: ſo wird auch der electriſche Zu=ſtand mehrerer, z. B. dreyer Paare K Z K Z K Z folgender ſeyn = — 1 + 1 — 1 + 1 — 1 + 1, weil dann zwiſchen je=

dem K und Z wirklich die Differenz = 2 iſt. Ein ganz anderer Erfolg dagegen wird eintreten, wenn zwiſchen jedes Paar K Z ein feuchter Körper f gelegt wird, der bloß als Leiter wirkt, zwiſchen welchem und der berührenden Platte mithin keine electriſche Differenz, ſondern derſelbe electriſche Zuſtand Statt finden ſoll. Hier wird allerdings eine Steigerung des — E und + E entſtehen, und zwar, wenn der eine Pol mit dem Erdboden verbunden iſt, von o E aus gegen den andern Pol hin, wenn aber die Säule iſolirt iſt, von der Mitte aus gegen beyde Pole hin (§. 925.). Wir wollen, der Erleichterung wegen, jeden der möglichen Fälle eigens betrachten.

Erſter Fall, wenn der Kupferpol mit der Erde in Verbindung ſteht, der Zinkpol aber iſolirt iſt. Wird nähmlich ein Plattenpaar k′ z′, deſſen Kupferplatte — 1 und deſſen Zinkplatte + 1 hat, auf der Kupferſeite mit dem Erdboden leitend verbunden: ſo wird durch die Einwirkung des Erdbodens jenes — 1 zu o E; die Zinkplatte aber muß, damit die electriſche Differenz = 2 Statt finde, + 2 erhalten. Nun lege man einen feuchten Leiter f darauf, und auf dieſen die Platte k″. Da f bloß als Leiter wirkt: ſo wird ſowohl f als die Platte k gleichfalls + 2 bekommen. So viel nähmlich die Platte z′ dem Leiter f und der Platte k″ mittheilt, ſo viel Erſatz empfängt ſie aus der Platte k′ und dieſe aus der Erde; der electriſche Zuſtand iſt alſo in k′ = o, in z′ = + 2 und in k″ ebenfalls = + 2. Man lege auf die Platte k″ die Platte z″ Auch zwiſchen dieſer und k″ muß die Differenz = 2 ſeyn. Da aber k″ ſchon + 2 hat, ſo wird z″ + 4 bekommen, und wird dieſen Überſchuß auch aus der Erde durch die Platten k′ z′ f k″ erhalten, ſo daß der Zuſtand derſelben unverändert bleibt. Der Zuſtand der Platten k′ z′ f k″ z″ wird alſo (wenn nur die Electricität der Metallpatten angezeigt wird) folgender ſeyn: o, + 2, + 2, + 4. Man ſieht ſchon, daß, wenn noch ein feuchter Leiter und ein drittes Paar k‴ z′′′ darauf gelegt wird, an der Platte k‴ die Electricität dieſelbe ſeyn müſſe, welche in z″ iſt, nähmlich = + 4, und weil die Differenz zwiſchen den Electricitäten der Platte k‴ und z‴ auch = 2 ſeyn muß, wird in

z''' die Electricität = + 6 entſtehen u. ſ. w. Der Zuſtand dieſer ganzen kleinen Säule wird alſo folgender ſeyn:

z''' + 6
k''' + 4
f + 4
z'' + 4
k'' + 2
f + 2
z' + 2
k' 0.

Zweyter Fall, wenn der Zinkpol mit der Erde in Verbindung ſteht, der Kupferpol aber iſolirt iſt. In dieſem Falle werden nur die Zeichen verändert, und der electriſche Zuſtand der Säule, deren unterſte Platte mit der Erde leitend verbunden iſt, wird folgender ſeyn:

k''' — 6
z''' — 4
f — 4
k'' — 4
z'' — 2
f — 2
k' — 2
z' 0

Denn das + 1, welches urſprünglich im Zink z' ſeyn ſollte, kann nicht bleiben, ſondern wird durch die Verbindung mit der Erde = 0. Aus eben dieſer Urſache muß auch die Platte — 2 erhalten, damit die Differenz der Electricitäten = 2 ſey. Die Platte z'' wird mittelſt des Leiters f jetzt auch — 2 bekommen u. ſ. f.

Dritter Fall, wenn die Säule ganz iſolirt iſt. Geſetzt, zwey iſolirte Platten k' und z' werden in Berührung gebracht: dann hat (wie wir ſchon wiſſen) die Platte k' — 1, die Platte z' aber + 1, und die Differenz beyder Electricitäten iſt = 2. Man ſetze jetzt, gleichfalls iſolirt, auf die Platte z' einen feuchten Leiter f, und auf dieſen Leiter ein zweytes Plattenpaar k'' z''. Auch in dieſem zweyten Paare, bevor es auf den Lei-

ter f geſetzt war, hatte die Platte k'' — 1, die Platte z'' aber + 1. Jetzt aber, da das z' des erſten Paares und das k'' des zweyten durch einen feuchten Leiter f verbunden ſind: werden das + 1 im z' und das — 1 im k'' einander aufheben, und z' ſowohl als k'' werden eine Electricität = 0 haben. In dem untern Paare k' z' wird daher nun die Platte k' — 2 haben müſſen, damit die Differenz zwiſchen k' und z' = 2 ſey; und eben ſo wird die Electricität der Platte z'' in dem obern Paare = + 2 ſeyn, damit auch hier die Differenz zwiſchen den Electricitäten der Platten k'' und z'' = 2 ſey. Der electriſche Zuſtand der ganzen Säule wird alſo folgender ſeyn:

$$z'' = +2$$
$$k'' = 0$$
$$f = 0$$
$$z' = 0$$
$$k' = -2.$$

So wachſen denn auch, wenn mehrere Plattenpaare angenommen werden, die electriſchen Zuſtände nach beyden Seiten auf dieſelbe Weiſe und aus demſelben Grunde.

Man kommt auf dieſelben Ausdrücke, wenn man ſich bei einer Reihe von Ketten immer nur das erſte Plattenpaar einer Kette electromotoriſch und die übrigen Ketten als bloße Leiter denkt, dann mit dem zweyten, dritten u. ſ. w. auf gleiche Weiſe verfährt, und die ſo aufgefundenen Electricitäten ſummirt. Es wären die electriſchen Zuſtände bey der Säule = k', z', f, k'', z''

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| (wenn bloß z' k' wirkſam gedacht wird) = . . . . . | — 1, | + 1, | + 1, | + 1, | + 1 |
| (wenn bloß k'' z'' wirkſam gedacht wird) = . . . . . | — 1, | — 1, | — 1, | — 1, | + 1 |
| (wenn beyde als Erreger wirken) = . . . . . . . | — 2, | 0, | 0, | 0, | + 2 |

und ſo für eine beliebige Anzahl der Glieder. Alle dieſe Zuſtände ſind auch angedeutet in den Zeichnungen 419, 420, 421.

II. Theorie der Säulen, in welchen der Zwiſchenkörper nicht als Leiter betrachtet werden kann. Dieſes iſt z. B. der Fall bey ſolchen, wo die Erreger-

paare durch einen Firniß getrennet ſind. Solche Säulen laſſen ſich als eine Reihe von Condenſatoren betrachten, durch welche der electriſche Zuſtand folgender Weiſe geſteigert wird. Es ſey eine Kupferplatte k′ auf den Tiſch und eine Zinkplatte z′ darüber gelegt: ſo hat, wie bey der naſſen Säule, die Kupferplatte o E, die Zinkplatte + 2 Wird nun über dieſelbe der Nichtleiter n und über dieſen das zweyte Plattenpaar k″ z″ gelegt: ſo entſteht in dieſem, nach dem Vertheilungsgeſetze (§. 878.) gebundenes — E und freyes + E. Dieſes letztere iſt zwar nicht ſo ſtark wie das + E der Zinkplatte z′, und ſeine verhältnißmäßige Stärke wird von der Dicke der Platte n abhängen; zur Erleichterung der Vorſtellung indeſſen wollen wir es gleichfalls = + 1 annehmen. Somit ſollte der electriſche Zuſtand der Platten k′ z′ und k″ z″ ſeyn = — 2 + 2, + 2 + 2. Da aber z″ und k″ auch Erreger ſind, und ihre electriſche Differenz = 2 ſeyn muß: ſo wird die Electricität von k″ z″ ſeyn müſſen = + 2 + 4. Aus demſelben Grunde muß in einem dritten durch einen Nichtleiter getrennten Plattenpaare k‴ z‴ durch Vertheilung der Electricitätszuſtand + 4 + 4 entſtehen; da aber hier die electriſche Differenz gleichfalls = 2 ſeyn muß: ſo iſt der electriſche Zuſtand beyder Platten = + 4 + 6, und ſo wird auf dieſelbe Weiſe das + E von Paar zu Paar zunehmen, wie in der Zeichnung 419. Denkt man ſich aber eine Zinkplatte als erſte und mit dem Erdboden verbundene: ſo hat ſie o E, und von ihr wird in demſelben Verhältniſſe und aus denſelben Gründen das — E wachſen, mithin werden die electriſchen Zuſtände Statt finden, wie ſie in der Zeichn. 420. angegeben ſind. — Eben ſo läßt ſich begreifen, wie bey einer iſolirten Säule von der Mitte aus, wo o E iſt, das + E und — E gegen die Pole hin zu nehmen werden. Man denke ſich nähmlich die iſolirte Säule k′ z′ n k″ z″: ſo ſollte an ſich der electriſche Zuſtand ſowohl von k′ z′ als von k″ z″ ſeyn = — 1 + 1. Durch Vertheilung ſoll aber in k″ z″ entſtehen + 1 + 1, in k′ z′ aber — 1, — 1. Beydes zuſammengefaßt, haben die vier Erreger dieſer kleinen Säule die Electricitäten + 2, o, o, + 2. So wachſen denn auch, wenn mehrere Plattenpaare angenommen werden,

die Spannungen gegen die beyden Pole hin auf dieſelbe Weiſe uud aus demſelben Grunde.

Anmerkung, die bloßen Leiter einer naſſen Säule betreffend. Es muß noch in einer Beziehung die ſchon oben gemachte Erinnerung wiederhohlt werden, daß die Electricitätsregung durch Berührung eines feſten Leiters mit einem flüſſigen bloß vergleichungsweiſe, als null angenommen, aber keineswegs behauptet wird, daß ſie abſolut null ſey. Sie kann mithin allerdings Spannungen (wenn auch nur geringe) hervorbringen, und die Steigerung der durch die metalliſchen Erreger hervorgerufenen Electricitäten vergrößern oder verkleinern, je nachdem ihre Wirkungen mit denen der metalliſchen Erreger unter ſich zuſammenfallend oder ihnen entgegengeſetzt ſind. Doch gebricht es in einem Werke, wie das gegenwärtige, an Raum, dieſen Gegenſtand weiter zu verfolgen und in ſpeciellen Erſcheinungen nachzuweiſen.

Oxydationstheorien. Obgleich nun die bey weitem größere Mehrzahl der Phyſiker die in der Säule hervortretende Electricität für die Grundurſache aller übrigen (ſpäter noch anzuführenden) Erſcheinungen anſieht: ſo hat man es doch auch verſucht, den chemiſchen Prozeß (welcher eben ſo, wie in der einfachen Kette (§. 921.), in der naſſen Säule gleichfalls vorhanden und hauptſächlich ein Oxydationsprozeß iſt) als die Urſache, den electriſchen aber als die Folge ſich vorzuſtellen. Da nun aber (wie aus dem in § 917. angegebenen Fundamentalverſuche erſichtlich iſt) die bloße Berührung zweyer heterogenen Körper ohne chemiſchen Prozeß das electriſche Gleichgewicht zu ſtören vermag, da in einer vollkommen trockenen Säule gleichfalls kein electriſcher Prozeß vorhanden iſt, da endlich in jeder Säule das Wachſen der electriſchen Spannung gegen die Pole hin nach den eben dargeſtellten electriſchen Theorien ganz wohl ſich begreifen läßt: ſo ſcheint kein Grund vorhanden zu ſeyn, zur Erklärung dieſes Wachſens, als der Haupterſcheinung, einen andern Weg einzuſchlagen. Dadurch ſoll indeſſen keineswegs behauptet werden, daß der durch Electricität herbeygeführte, mithin ſecundäre, chemiſche Prozeß ohne rückwirkenden Einfluß anzunehmen ſey.

Wer ſich überdieß die Electricität als die Wirkung einer eigenen Materie denket, der kann wenigſtens keineswegs die Möglichkeit läugnen, daß bey manchem chemiſchen Prozeſſe electriſche Materie erzeugt werden dürfte. Somit könnte der electriſche Prozeß den chemiſchen herbeyführen, und dieſer, durch Erzeugung von neuer electriſcher

Materie jenen verſtärken. — Auch zur Verfolgung dieſer Betrachtung gebricht es hier am Raume. In dieſer Beziehung können vorzüglich Meißner's Anſichten über die Zuſammenſetzung der electriſchen Materie aus Sauerſtoff und Wärmeſtoff und ſeine Gründe dafür in deſſen Handb. d. allgem. u. techn. Chemie, Bd. II. S. 173 u. f. nachgeſehen werden. —

Zu ſehr eifrigen Verfechtern der Oxydationstheorie gehören beſonders Parrot (ſ. deſſen Grundr. der theor. Phyſik, Bd. II., dann Ann. d. Phyſik, Bd. XII., XXV. u. a. m.), und Ledarive, welcher letztere in der neueſten Zeit durch Verſuche zu zeigen bemühet war, daß bey Berührung heterogener Metalle keine Spur von Electricität hervortrete, wenn alle chemiſche Wirkung fehle (Zeitſchrift für Phyſik, Bd. VI.). Dagegen hat Becquerel Electricität an einer mit Firniß überzogenen und mit einem Platinſtifte verbundenen Zinkplatte beobachtet, wo mithin keine Feuchtigkeit im Spiele ſeyn konnte (ſ. Zeitſchrift für Phyſik, X.). Pfaff endlich hat Verſuche mit einer Kupfer- und Zinkplatte angeſtellt im trockenen luftleeren Raume, in trockenem Waſſerſtoffgas, in kohlenſaurem Gas, in Stickgas, und mit demſelben Erfolge wie in der atmoſphäriſchen Luft und im Sauerſtoffgas (Ann. de Chemie. Bd. XLI.).

### Wirkungen der Säule, und zuerſt die der electriſchen Spannung an derſelben.

§. 927. Dieſe ſind: Bewegungen leichter Körper, Ladung einer Verſtärkung oder Baterie, und (ſobald die Säule geſchloſſen wird) Herbeyführung des electriſchen Stromes, der dann wieder äußerſt merkwürdige Erſcheinungen zur Folge hat.

§. 928. I. Bewegungen durch electriſche Anziehung und Abſtoßung. Dahin gehört außer den ſchon (§. 925.) angegebenen Wirkungen der Säule auf das Electroſcop auch das Hin- und Hergehen eines leichten Körpers zwiſchen den ungleichnahmigen Polen zweyer Säulen, worauf Zamboni eine Art von electriſchem Mobile perpetuum gegründet hat. — Gleichfalls beruht auf dieſer Anziehung das äußerſt empfindliche Electroſcop von Bohnenberger und Behrens. Es beſteht aus zwey ganz kleinen trockenen Säulen a und b (Zeichn. 422.), zwiſchen welchen an einem Stänglein ein Goldſtreifchen g aufgehangen iſt. Wird dieſem eine nur äußerſt

ſchwache Electricität mitgetheilt: ſo wird es, wenn die Electricität + E iſt, von dem poſitiven, im entgegengeſetzten Falle von dem negativen Pole angezogen; man erfährt mithin auch zugleich die Art der Electricität.

Zamboni's Mobile perpetuum. Ein ſolches iſt in der Zeichnung 423. abgebildet. A und B ſind Glasröhren, in deren jeder ſich eine von etwa 1000 bis 2000 Scheiben zuſammengeſetzte Säule befindet. Der meſſingene Knopf k iſt mit dem poſitiven Pole der Säule A, der Knopf k' mit dem negativen der Säule B leitend verbunden; r s iſt eine leichte, iſolirte ſehr bewegliche Nadel von Meſſing, deren Drehungspunct nur etwas über ihrem Schwerpuncte ſich befindet. Sie ſchwingt zwiſchen den beyden Knöpfen k und k'. Noch beſſer iſt es, wenn der Ring r iſolirt iſt, und alſo er allein die Electricitäten der Pole erhält. — Dieſer Apparat läßt ſich übrigens auf verſchiedene Weiſe verändern. Man kann z. B. die freyen Pole in Glöckchen auslaufen laſſen, und ein leichtes an einem Faden von roher Seide hangendes Kügelchen zwiſchen die Glöckchen anbringen. Dann hat man eine Art Glockenſpiel, wie das in der Zeichn. 424. abgebildete. Die freyen Pole A und B ſind nach unten gekehrt; die obern Pole ſind mittelſt eines Metalldrahtes verbunden: ſo bildet das Ganze nur Eine Säule. — Man hat auch mit dem in der Zeichn. 423. abgebildeten Pendel ein ſehr einfaches Uhrwerk verbunden. Die bewegende Kraft iſt hier das Pendel. Doch muß man hiervon keine gleichförmig bleibende Bewegung erwarten, wie ſie einer Uhr als Zeitmeſſer nothwendig iſt. Die Wirkſamkeit der Säule ändert ſich nähmlich mit der Temperatur und mit dem Feuchtigkeitszuſtande der Luft. — Ein ſolches Mobile perpetuum im phyſikaliſchen Cabinette des polytechniſchen Inſtitutes in Wien iſt nun im achtzehnten Jahre immer noch wirkſam, wiewohl weniger als in den erſtern Jahren. —

Bohnenberger's Electroſcop. Jedes der zwey trockenen Säulchen beſteht aus einigen hundert Scheibchen von zuſammengeleimtem Gold- und Silberpapier, die 3 Linien im Durchmeſſer haben. Beyde Säulchen ſind an dem metallenen Boden eines 2½ Zoll weiten Cylinderglaſes mit den ungleichnahmigen Polen angeſchraubt, die obern Pole aber ſind mit vorſtehenden abgerundeten meſſingenen Faſſungen verſehen. Zwiſchen beyden genau in der Mitte iſt ein Meſſingdraht angebracht, an welchem ein etwa 2½ Zoll langes und 2 bis 3 Linien breites Goldblättchen hängt. Der Draht befindet ſich (um iſolirt zu ſeyn) in einer Glasröhre, die durch den Mittel-

punct des Deckels geht; er iſt in der Röhre mittelſt eines Korkes befeſtigt, und berührt ſie (des beſſern Iſolirens wegen) nirgends. Das obere Ende des Drahtes geht in eine kleine meſſingene Kugel aus. — Iſt der Draht (und alſo auch das Goldblättchen) nicht electriſirt: ſo hängt das letztere ruhig zwiſchen den zwey freyen ungleichnahmigen Polen; erhält es aber die mindeſte Electricität: ſo nähert es ſich, je nachdem dieſe poſitiv oder negativ iſt, dem einen oder dem andern Pole. Der Gebrauch dieſer Vorrichtung ergibt ſich nun von ſelbſt. Doch muß noch bemerket werden, daß man, um eine etwas ſtärkere Electricität daran zu prüfen, den electriſirten Körper nur langſam der Kugel nähern müſſe. Eine geriebene Siegellackſtange wirkt ſchon in einer Entfernung von 3 Fuß darauf. Iſt aber die Electricität des Körpers ſehr ſchwach: ſo bringt man dieſen nach und nach bedeutend näher, oder wohl auch mit der Kugel in Berührung. — Man kann übrigens für äußerſt ſchwache Electricitäten an die Kugel auch eine gefirnißte Meſſingplatte anſchrauben, und auf dieſe eine andere, gleichfalls mit Firniß überzogene und mit einem gläſernen Handgriffe verſehene, legen; dann hat man einen mit dem Apparate verbundenen Condenſator, ganz gleich demjenigen, welcher mit dem Strohhalm- oder Goldblatt-Electrometer verbunden zu werden pflegt (§. 839. Zuſ.).

§. 929. II. **Ladung einer electriſchen Verſtärkung mittelſt der Säule.** Dieſe wird bewirkt, wenn der eine Pol der Säule mit der innern, der andere mit der äußern Belegung der Verſtärkung in leitende Verbindung gebracht wird. Die Ladung geſchieht durch eine naſſe Säule beynahe augenblicklich, durch eine trockene in einer ſehr kurzen, doch merklichen Zeit (welches auch aus §. 925. begreiflich iſt). Die Verſtärkung erhält immer die Spannung der ladenden Säule, mithin eine geringe.

Ladung eines Halbleiters. Wird ein ſolcher (z. B. ein feuchter Papierſtreifen) zur Verbindung beyder Pole verwendet: ſo erhält er am poſitiven Pole + E, am negativen — E. Nimmt man ihn nun mittelſt eines Glasſtabes hinweg: ſo ſtellt ſich das electriſche Gleichgewicht nicht ſogleich wieder her, er behält eine Zeit lang dieſes + E und — E, und nur allmählich wird es ſchwächer.

Die ſecundäre oder Ladungsſäule von Ritter. — Sie gründet ſich auf die eben erwähnte Ladung eines Halbleiters, und beſteht aus Kupferplatten mit dazwiſchen gelegten naſſen Papierſcheiben. An und für ſich iſt ſie unwirkſam. Wenn aber das eine Ende derſelben

mit dem poſitiven, das andere mit dem negativen Pole einer Volta'ſchen Säule leitend verbunden wird: ſo zeigt ſie, nachdem man dieſe Verbindung wieder aufgehoben hat, auch zwey differente Pole mit + E und — E; ſie iſt geladen, und es laſſen ſich an ihr bey gehöriger Menge von Schichtungen mehrere Wirkungen der urſprünglichen Säule beobachten. — Sie wird auch geladen, wenn ſie an dem einen Ende mit dem Conductor, am andern mit dem Reibzeuge einer Electriſirmaſchine verbunden, und dieſe letztere einige Zeit hindurch in Wirkſamkeit geſetzt wird.

§. 930. III. Der electriſche Strom. Dieſer wird eingeleitet, ſobald die beyden Pole der Säule leitend mit einander verbunden werden. Er iſt, eben ſo wie bey einer geſchloſſenen einfachen Kette (§. 919.), und aus denſelben Gründen, fortdauernd, ſo lange die Säule geſchloſſen bleibt. Zur Schließung ſelbſt bedient man ſich eines Metalldrahtes, der von einem Pole zum andern geführt wird. Will man den Strom durch irgend einen Körper hindurch leiten: ſo wird dieſer zwiſchen die beyden Polardrähte (§. 923.) gebracht.

### Wirkungen des electriſchen Stromes in der Säule.

§. 931. Auch dieſe Wirkungen, die mit denen der einfachen Kette dem Weſen nach dieſelben ſind, ſollen hier in derſelben Ordnung betrachtet werden, nähmlich:

I. Phyſiologiſche. Zu dieſen gehören: die electriſche Erſchütterung, Einwirkung auf verſchiedene Sinne, Zuſammenziehung der Muskeln.

§. 932. Die electriſche Erſchütterung erhält man, wenn man die Finger beyder Hände mit irgend einer Salzauflöſung wohl befeuchtet, und dann mit der einen Hand den einen Pol der Säule, mit der andern den andern berührt. Die Größe der Erſchütterung empfindet man im Augenblicke der Schließung der Säule und ebenfalls eine beym Öffnen derſelben. Hat man aber an dem mit dem einen Pole in Berührung ſtehenden Theile etwa eine Hautwunde: ſo verſpürt man während der ganzen Zeit, als die Säule geſchloſſen iſt, eine ſchmerzhafte Empfindung. Iſt die Säule ſtark wirkend: ſo fühlt man viele

einander folgende kleine Stöße. — Die Benetzung der Haut iſt nothwendig, weil dieſelbe für die geringe Spannung kleiner Säulen als Iſolator wirkt. — Die Stärke der Erſchütterung hängt ab von der Größe der Spannung, mithin von der Anzahl der Elemente der Säule (bey 30 bis 50 Elementen iſt ſie ſchon merklich), dann von dem Leitungsvermögen des feuchten Leiters und mithin von der Schnelligkeit der Ladung. Wegen Langſamkeit der Ladung geben trockene Säulen keine Erſchütterung.

Dieſe Erſchütterung hat einige Ähnlichkeit mit derjenigen, welche mittelſt einer ſehr ſchwach geladenen Verſtärkungsflaſche hervorgebracht wird; jedoch iſt ſie ihr nicht ganz gleich. Dieſe Erſchütterung können auch, wie die electriſche, mehrere Menſchen, welche den Erſchütterungskreis bilden, zugleich erhalten. Der erſte dieſes Kreiſes muß mit der benetzten Hand ſich mit dem einen Pole in Verbindung ſetzen, der letzte berührt, ebenfalls mit feuchter Hand, den andern Pol (oder einen mit dem Pole verbundenen guten Leiter). Am beſten iſt es von beyden Polen die Leitungsdrähte in Gefäße, die mit Salzwaſſer gefüllt und von einander getrennt ſind, zu legen, und einen Finger der einen Hand in die eine, dann einen Finger der andern Hand in die andere Flüſſigkeit zu tauchen. — Man verſpürt einen ſtärkern Schlag, wenn man in der feuchten Hand ein Stück Metall (z. B. einen Schlüſſel, einen Löffel u. d. m.) hält. Es geſchieht hier die Wirkung auf eine größere Fläche. Wird der Kreis auf dieſe Art geſchloſſen, oder werden die Hände ins Waſſer getaucht: ſo ergibt ſich auch ein Unterſchied bey größeren und kleineren Platten.

§. 933. Einwirkungen auf verſchiedene Sinne kann man auf mancherley Art erhalten.

Eine Geſchmacksempfindung wird bewirkt, wenn man mit der einen befeuchteten Hand den Verbindungsdraht des einen Poles hält, und den andern Pol mit der Zungenſpitze berührt. — Man erhält ſie auch, wenn der eine Pol mit was immer für einem Theile des Kopfes in Verbindung geſetzt, und der andere Pol mit der feuchten Hand berührt wird.

Der Geſchmack, den die Zunge am Zinkpole empfindet, iſt ſauer; den ſie am Kupferpole empfindet, alkaliſch. — Der Geſchmack dauert ſo lange, als die Säule geſchloſſen bleibt.

§. 934. Eine Empfindung von Licht. — Wenn nähmlich die befeuchtete Hand den Leitungsdraht des einen Poles berührt, und der Leitungsdraht des andern mit irgend einer befeuchteten Stelle des Geſichtes in Berührung gebracht wird: ſo erhält man auch eine Erſcheinung, als ob man einen Blitz ſähe. Dieſe Erſcheinung iſt (wie die durch die einfache Kette, §. 921.) rein ſubjectiv, d. h. ſie wird nur von jenem Menſchen bemerkt, durch welchen die Säule geſchloſſen wird.

Am ſtärkſten iſt dieſe Empfindung, aber zugleich ſchmerzhaft, wenn ein Stück Metall (z. B. eine ſilberne Münze) mit den Zähnen gehalten, und damit die Säule geſchloſſen wird.

Ein ſtumpfer eiſerner Draht, der mit dem Kupferpole in Verbindung ſteht, in ein Naſenloch ſo tief als möglich hineingeſteckt, bewirket, ſobald die Säule geſchloſſen wird, eine ſchmerzhafte Empfindung und einen Reiz zum Nieſen. Bey derley Verſuchen iſt Vorſicht anzurathen.

§. 935. Zuſammenziehung der Muskeln. — Befeuchtete muskulöſe Theile ziehen ſich in dem Augenblicke zuſammen, da mittelſt ihrer die Pole der Säule verbunden werden. Jeder auf dieſe Weiſe erhaltene Schlag (§. 932.) iſt mit einer Zuckung verbunden. — Wahrſcheinlich iſt die Erſchütterungsempfindung eine Folge dieſer Zuſammenziehung.

Die Zuckungen, in welche ein Froſch ſchon bey der Schließung einer einfachen galvaniſchen Kette geräth (§. 921.), werden noch heftiger bey der Schließung einer Säule. Eine Krebsſcheere zieht ſich durch den electriſchen Strom mit großer Heftigkeit zuſammen. Ein auf einer Zinkplatte liegender Blutegel kommt in heftige Bewegung, wenn auf dieſelbe Platte ein Silberſtück gelegt wird, und mit dem Thiere in Berührung kommt. Eben ſo werden die Zuckungen der Gliedmaßen warmblütiger Thiere und des menſchlichen Körpers hier äußerſt heftig. Man hat eine friſche Ochſenzunge an einen Tiſch mittelſt eines eiſernen Nagels befeſtigt. Als durch ſie eine Säule geſchloſſen wurde, zog ſie ſich ſo gewaltig zuſammen, daß ſelbſt der Nagel aus dem Tiſche iſt geriſſen worden. Bey verſchiedenen an Leichnamen angeſtellten Verſuchen wurden heftige Bewegungen hervorgebracht. Zu den merkwürdigſten Verſuchen gehört der von Ure, bey welchem ſogar den Athmungsprozeß neu bewirkt wurde, der aber mit der Unterbrechung des electriſchen Stromes wieder aufhörte.

§. 936. II. Electriſche Funken. — Dieſe erhält man leicht durch einen Eiſendraht, deſſen eines Ende mit dem einen Pole verbunden iſt, wenn durch das andere ſpitzige Ende der andere Pol berührt wird. Ein ſolcher Funke hat (wegen der immer nur geringen Spannung) auch immer nur eine ſehr kleine Schlagweite; ſelbſt an Davy's Apparate von 2000 Plattenpaaren erſchienen nur Funken von $^1/_{30}$ Zoll, in ſehr verdünnter Luft wurden ſie $^1/_2$ Zoll. Doch können mittelſt derſelben manche leicht entzündliche Körper entflammt werden (z. B. Phosphor, feine Metallblättchen u. d. m.) Dieſe Funken ſcheinen auch meiſtens mit einer Verbrennung verbunden zu ſeyn. Man erhält ſie daher leicht, wenn man das Ende des Polardrahtes, mit dem man Funken abnehmen will, früher in einer Lichtflamme mit Ruß überzieht. Man erhält ferner, wie an der einfachen Kette ſo auch an der Säule, ſchöne Funken aus Queckſilber durch ein ähnliches (bereits im §. 921. angegebenes) Verfahren. Jede Stelle des Queckſilbers, aus der ein Funke erhalten wird, erſcheint oxydirt. Übrigens hängt es mehr von der Größe der Platten ab, als von der Anzahl, um ſchöne Funken zu bekommen.

Einige Beyſpiele von Entzündungen durch dergleichen Funken. — Sehr leicht entzündet ſich das unechte Blattgold, d. i. eine Miſchung aus Kupfer und Zink. — Zu dieſem Ende hängt man ein ſolches etwas runzelige Blatt an den Leitungsdraht des Zinkpoles, und nähert es ſchnell dem Kupferpole. — Auch andere Materien werden entzündet, z. B. Schwefel, Kohle, Schießpulver. Mit ſolchen Pulvern beſtreut man gerunzeltes, auf einem Glaſe liegendes Blattgold, verbindet dieſes mit dem einen Pole und nähert ſchnell den Draht des andern Poles, der mit einem ähnlichen runzeligen und beſtreuten Blattgolde verſehen iſt.

Auf der Entzündung der Kohle beruhen die Funken, die man in der Flamme eines Kerzenlichtes erhält, in welcher man die beyden Polardrähte einander nähert. Es bilden ſich darin Dendriten von Ruß, die einander anziehen. — Eine der ſchönſten Lichterſcheinungen an der Säule mittelſt der Kohle iſt folgende. Bringt man an die Leitungsdrähte Stücke von Kohle oder Graphit an, die in Spitzen ausgehen, und nähert man dieſe einander bis zur Berührung: ſo erſcheint ein äußerſt glänzendes Licht an den Spitzen. Bey einem kräftigen Apparate dauert die Erſcheinung eine beträchtliche Zeit hin-

durch. Die Kohle wird entzündet; allein der Verluſt, den ſie erleidet, iſt zu gering, als daß man jenes äußerſt intenſive Licht bloß der Verbrennung zuſchreiben könnte, auch zeigte es ſich gleichfalls in Gasarten, die keinen Sauerſtoff enthielten. Übrigens erſcheint es auch, doch ſchwächer, unter Waſſer, Alkohol, Äther, Öhl und andern Flüſſigkeiten, deren Leitungsvermögen nicht zu groß iſt. Bringt man die Kohlenſpitzen an die Oberfläche einer brennbaren Flüſſigkeit (z. B. des Äthers, des Alkohols) einander nahe: ſo wird die Flüſſigkeit entzündet. — Bey dem großen Londner Apparate von 2000 vierzolligen Plattenpaaren mußten die Kohlenſpitzen, um zu erglühen, bis etwa auf einen Abſtand von $^1/_{40}$ Zoll genähert werden. Sobald ſie aber ſtark glüheten: konnte man ſie nach und nach bis auf 4 Zoll entfernen; immer erſchien noch ein anhaltender Lichtſtrom zwiſchen ihnen. Jeder in dieſen Strom gebrachte Körper wurde ſtark erhitzt: Platindraht zerſchmolz in Kügelchen, Quarz, Kalk kam in Fluß, Diamantſtückchen wurden verflüchtigt. (ſ. Elements of chemical Philosophy, S. 152.) — Ähnliche Verſuche ſind angeſtellt worden im chemiſchen Laboratorium des polytechniſchen Inſtitutes in Wien mit einem Apparate von 600 Plattenpaaren, die eine Fläche von 26 Quadratzoll haben.

§. 937. III. **Erhitzung** der Körper, durch welche der electriſche Strom durchgeleitet wird. — Hier iſt ganz derſelbe Vorgang, der bereits bey der einfachen Kette iſt angegeben worden. Ein feiner Eiſendraht, durch welchen die Pole eines ſtark wirkſamen Apparates verbunden werden, wird glühend und ſchmilzt in Kügelchen. Ein Platindraht wird eine beträchtliche Zeit hindurch glühend erhalten. Man hat mit der Säule verbundene Drähte in ein kleines Quantum Flüſſigkeit getaucht: ſie wurde dadurch **bis zum Kochen erhitzt**. — Bey allen dieſen Erſcheinungen kommt es vorzüglich auf die Größe der Platten an, weniger auf die Anzahl der Plattenpaare.

**Verſuch über die Erhitzung einer Flüſſigkeit.** In ein kleines coniſches, mit dem einen Pole verbundenes Metallgefäß wird eine kleine Menge von Salzauflöſung gethan, und in dieſe eine Metallkugel getaucht, welche mittelſt eines Drahtes mit dem andern Pole verbunden iſt, und den Umfang des Gefäßes beynahe ausfüllt.

**Abhängigkeit des Glühens von der Natur des Metalles.** Verſuche darüber hat beſonders **Children** mit ſeinem mächti-

gen, oben (§ 923. Zuſ.) angeführten Apparate angeſtellt; die in den Zellen verwendete Flüſſigkeit beſtand aus einem Theile Salpeterſäure mit 40 Theilen Waſſer. Es wurden immer zwey Drähte aus verſchiedenen Metallen $^1/_{30}$ Zoll dick und 8 Zoll lang genommen, der eine in ein mit dem Pluspole verbundenes Queckſilber getaucht, der andere mit dem Queckſilber am Minuspole verbunden, und dann ihre umgebogenen Enden in einander gehangen. Einige Beyſpiele: Platin und Gold (nur das erſtere glühte); Platin und Bley (das letztere ſchmolz im Berührungspuncte, zum Glühen kam keines); Gold und Silber (nur das erſtere glühte); Gold und Kupfer (beyde glühten); Gold und Eiſen (nur das letztere glühte). — Merkwürdig iſt auch folgende Erſcheinung. Derſelbe electriſche Strom, der einen Silberdraht ohne Erhitzung durchgeht, bringt einen gleich langen und dicken aus Silber- und Plattinſtücken zuſammengeſetzten zum Glühen. Es ſcheint, als ob die Körper nur in ſofern erglühen, in wiefern ſie dem electriſchen Strome einen gewiſſen Widerſtand entgegenſetzen. Darum glüht auch leichter ein dünner Draht.

Deflagrator. So nannte Hare einen von ihm gebauten Apparat, der ſich darauf gründet, daß große Platten ſtarke Erglühungen bewirken. Es wird nähmlich eine Zinkplatte und eine Kupferplatte durch Sohlenleder getrennt, Alles dann ſpiralförmig zuſammengewunden, das Leder herausgezogen, und endlich die beyden Platten mittelſt eingeſchobener gefirnißten Holzſtäbe gehindert einander zu berühren. So erhält man ein ziemlich großplattiges Element, das keinen großen Raum einnimmt, und in einem Cylindergefäße nicht ſehr viel Flüſſigkeit braucht. Bey einem Deflagrator von Hare hatte die Zinkplatte eine Länge von 7 Zoll, eine Breite von 5 Zoll, der ganze Apparat beſtand aus 250 ſolchen Elementen.

§. 938. IV. Chemiſche Wirkungen der Säule, nähmlich: Zerſetzung des Waſſers und anderer Stoffe. — Wenn von jedem Pole ein Platin- oder Golddraht in dasſelbe Waſſer geführt wird, ſo, daß die Drähte im Waſſer ſelbſt etwas von einander abſtehen: ſo ſteigen ſogleich Luftbläschen von beyden Drähten auf, und zwar vom poſitiven oder Zinkpole Sauerſtoffgas (§. 708. Zuſ.), vom negativen oder Kupferpole Waſſerſtoffgas. Wenn aber die Verbindungsdrähte aus einem Metalle ſind, welches ſich leicht oxydirt (z. B. aus Kupfer oder ſelbſt aus Silber): ſo entbindet ſich am Drahte des poſitiven

Poles kein Sauerſtoffgas, ſondern dieſer Polardraht wird oxydirt; an dem Drahte des negativen Poles aber erſcheinen die Bläschen des Waſſerſtoffgaſes. Dieſer Erſcheinung wegen nennet man den Zinkpol auch Sauerſtoffpol oder Oxygenpol, den Kupferpol aber den Waſſerſtoffpol oder Hydrogenpol. Werden die Polardrähte in eine Säure geleitet: ſo wird dieſe gleichfalls in ihre Beſtandtheile (den Grundſtoff und Sauerſtoff (§. 706.) zerſetzt (z. B. die Schwefelſäure in Schwefel und Sauerſtoff). Eben ſo geſchieht die Zerlegung eines Salzes in ſeine Beſtandtheile (z. B. die des Kochſalzes in Natrum und Salzſäure). Auf eine ähnliche Weiſe hat man auch Stoffe zerſetzt, die früher für unzerſetzbar ſind gehalten worden, nähmlich die Alkalien und Erden.

In allen dieſen Fällen ſammelt ſich um den poſitiven Pol der Sauerſtoff und (wenn Salze zerſetzt werden) die Säure; um den negativen Pol dagegen ſammelt ſich der Waſſerſtoff oder die brennbaren Stoffe (z. B. Schwefel), wenn aber Salze zerſetzt werden, die Baſen derſelben (nähmlich Alkalien und Oxyde). —

Die chemiſche Wirkung der Säule wird größer durch Vergrößerung der Platten und durch Vermehrung der Anzahl der Plattenpaare. — Äußerſt merkwürdig iſt es, daß die Stoffe, welche bey chemiſchen Zerſetzungen zu den Polen hin ſich begeben, mit ſolcher Gewalt hingezogen werden, daß ſie andere ihnen chemiſch verwandte Materien durchgehen können, ohne ſich mit ihnen zu verbinden (z. B. eine Säure durch ein Alkali, oder umgekehrt).

Die Gasentwickelung iſt der Größe der Platten proportional; in Beziehung auf die Anzahl derſelben aber fand Gay-Luſſac erſt bey achtfacher Menge der Plattenpaare die entwickelte Gasmenge doppelt. Überdieß iſt auch die Dicke der Polardrähte und ihre Anzahl von Einfluß: zehnmahl ſo viele geben beynahe zehnmahl ſo viel Gas. Endlich iſt von großen Einfluß die Leitungsfähigkeit des zu zerſetzenden Körpers. Wenn in das Waſſer einige Tropfen Salpeterſäure gethan werden (wodurch die Leitungsfähigkeit vermehrt wird): ſo iſt die Gasentwickelung weit häufiger. Überhaupt alles, was die Stätigkeit des Stromes vermehrt, vermehrt auch die chemiſche Wirkung; daher iſt die Wirkung auch ſtärker, wenn die Enden der Polardrähte einander mehr genähert werden.

## Mehrere Verſuche über die chemiſchen Wirkungen der Säule.

1) Zerſetzung des Waſſers. Um bey dieſer die beyden Gasarten abgeſondert aufzufangen, kann man ſich bequem des in der Zeichnung 425. abgebildeten einfachen Apparates bedienen. T iſt ein trichterförmiges Gefäß, deſſen untere Mündung mit einem Korkpfropfen verſchloſſen iſt, welchen man früher mit Siegellack überzogen hat. Durch den Pfropfen ſind zwey Platindrähte d und d′ durchgezogen, und ſind etwa vier bis fünf Linien von einander entfernt. Der Trichter wird mit Waſſer gefüllt, über jeden Draht eine kleine ebenfalls mit Waſſer gefüllte Glasglocke g und g′ geſtürzt, der eine Draht mit dem Zinkpole, der andere d′ mit dem Kupferpole leitend verbunden. — Hat man den Apparat einige Zeit wirken laſſen, unterbricht dann die Wirkung, und mißt den Raumumfang der Gasarten in beyden Recipienten: ſo findet man zwey Mahl ſoviel Waſſerſtoffgas als Sauerſtoffgas (dem Raume nach). — Um dieſe Räume genau und bequem mit einander zu vergleichen, müſſen die beyden kleinen Recipienten gleiche Weite haben. Man kann ſie auch graduiren. — Um nichts von der Wirkung der Säule zu verlieren, muß die Verbindung der Drähte mit den Polen vollkommen ſeyn. Dieſes erhält man am beſten, wenn man jeden der hervorragenden Drähte d′ in ein mit Queckſilber gefülltes kleines Glasgefäß taucht, in welche Gefäßchen auch die Polardrähte geleitet werden. Läßt man beyde Leitungsdrähte in einen und denſelben Recipienten gehen: ſo erhält man beyde Gaſe gemengt, als Knallgas.

Noch muß bemerkt werden, daß auch in getrennten Gefäßen die Zerſetzung vorgeht, wenn in das eine Gefäß der Leiter des poſitiven, in das andere der Leiter des negativen Poles getaucht und dann das eine Waſſer mit dem andern (etwa mittelſt eines Streifchens ins Waſſer getauchter Baumwolle, eines genäßten Asbeſtes u. d. m.) in Verbindung gebracht wird. Bemerkenswerth iſt folgender Verſuch, in welchem die Verbindung der getrennten Waſſerportionen durch ein Metall hergeſtellt wird. In eine gekrümmte Röhre von der Geſtalt des Buchſtabens V werde etwas Queckſilber gethan und über das Queckſilber in beyde Schenkel Waſſer gegoſſen. Man tauche nun in das Waſſer des einen Schenkels den poſitiven Leitungsdraht, und in das Waſſer des andern Schenkels den negativen. Hierauf entbindet ſich am Leiter des poſitiven Poles Sauerſtoffgas und auf der dieſem Leiter nahe gelegenen Oberfläche des Queckſil-

ders Waſſerſtoffgas. Am Leiter des negativen Poles entſteht Waſſerſtoffgas, zugleich wird aber die Oberfläche des nahe gelegenen Queckſilbers oxydirt.

Merkwürdige Erſcheinung an den Polardrähten. Polardrähte, die bey einer Waſſerzerſetzung ſind angewendet worden, behalten, wenn man ſie von der Säule abnimmt, ſelbſt wenn man ſie reinigt, noch die Kraft, Waſſer zu zerſetzen, und verlieren ſie erſt in einigen Tagen. Pfaff hat dieſe Eigenſchaft beſonders an Eiſen- und Zinkdrähten beobachtet, in geringerem Grade an Drähten von Silber, Gold und Platin, gar nicht an Meſſing und Bley. Die electriſche Kraft an den letztern mag zu ſchwach ſeyn, um die Zerſetzung zu bewirken, ſie braucht deßhalb nicht abſolut null zu ſeyn.

2) Zerſetzung einer Säure. Wenn die Drähte in eine Flüſſigkeit geleitet werden, worin ſich Schwefelſäure befindet: ſo wird am Hydrogendrahte Schwefel abgeſetzt, am Oxygendrahte entbindet ſich Sauerſtoffgas.

3) Zerſetzung eines Salzes. Werden in eine Auflöſung des Kochſalzes oder Salmiaks im Waſſer die Polardrähte geleitet: ſo zeigt ſich am Hydrogenpole freyes Alkali, am Oxygenpole freye Säure dadurch, daß mit Kurkumä gefärbtes Papier an jenem Drahte braun, Lakmuspapier an dieſem roth gefärbt wird.

4) Trennung eines Metalloxydes aus einem Metallſalze und Niederſchlagung des Metalles in reguliniſcher Geſtalt. Eine Glasröhre (etwa einen halben Zoll weit und einige Zolle lang) werde an beyden Enden mit Korkpfropfen verſchloſſen, durch welche zwey Drähte ſo durchgezogen ſind, daß ſie etwa einen Zoll weit von einander abſtehen. Man fülle die Röhre mit eſſigſaurem Bley, und verbinde die Drähte mit den Polen einer Volta'ſchen Säule. Am Drahte des negativen Pols werden ſogleich metalliſche Blättchen und Nadeln erſcheinen. — Ein ähnliches Reſultat erhält man mit ſalpeterſaurem Silber oder ſalzſaurem Zinn. Das letztere gibt eine ſehr ſchöne Erſcheinung. — Jede Auflöſung eines Metalles in einer Säure beſteht (bekanntlich) aus einem Metalloxyde und der Säure. Das Metalloxyd wird in einem Verſuche, wie der hier angegebene iſt, an den Hydrogenpol geführt, und zugleich ſeines Sauerſtoffes beraubt, indem ſich dieſer mit dem ebenfalls am Hydrogenpol frey werdenden Waſſerſtoffe verbindet, und Waſſer bildet; daher in dieſem Falle kein Waſſerſtoffgas aufſteigt.

5) Zerſetzung der Alkalien und Erden. Dieſe gehört zu den merkwürdigſten chemiſchen Wirkungen der Säule. Davy hat

der erſte ſolche Zerſetzungen bewirkt; ihm iſt es gelungen, ſchon durch 100 Plattenpaare von 4 Quadratzoll das Kali zu zerlegen. — Es muß dasſelbe etwas befeuchtet ſeyn, wenn es in den Entladungskreis gebracht wird. Zu dem Ende verbinde man mit dem Kupferpole einen Silberlöffel, lege ein Stückchen Kali darauf, und berühre es mit dem gleichfalls ſilbernen Polardrahte des Zinkpoles. Nach kurzer Zeit zeigen ſich Kügelchen, welche Kalium ſind, nähmlich ein Stoff, der mit Sauerſtoff Kali gibt. — Das Natrum erfordert einen ſtärkern Apparat als das Kali.

6) Durchführung von Stoffen durch andere ihnen chemiſch verwandte hindurch, ohne ſich mit dieſen zu verbinden. — Man nehme drey Becher, verbinde die äußerſten mit den Polardrähten der Säule, und fülle das mit dem negativen Pole verbundene Gefäß mit ſchwefelſaurem Natrum, das mittlere mit Braunkohl-Infuſion, das mit dem poſitiven Pole verbundene mit Waſſer, welches mit der genannten Infuſion auch etwas blau gefärbt iſt. Bald röthet ſich dieſe in dem dritten Gefäße, und in kurzer Zeit wird ſie ſtark ſauer; die Farbe der mittleren Flüſſigkeit bleibt ungeändert. Wechſelt man die Polverbindung: ſo wird die (jetzt mit dem negativen Pole verbundene) Infuſion grün, die im mittlern Gefäße bleibt ungeändert. Man ſieht in beyden Verſuchen das Durchgehen einer Säure oder eines Laugenſtoffes durch die Infuſion, ohne ſie zu ändern. — Noch auffallender iſt der Verſuch, wenn man eines der äußerſten Gefäße mit einem Salze (z. B. mit ſchwefelſaurem Kali) verbindet, und entweder die Säure durch ein in dem mittlern Becher enthaltenes Alkali, oder das Kali durch eine in dem mittlern Becher enthaltene Säure leitet. Im letzten Becher kann gleichfalls Braunkohl-Infuſion enthalten ſeyn.

Noch zwey merkwürdige zum Theil hierher gehörige Erſcheinungen, nähmlich:

a) Nobili's farbige Kreiſe. Eine Platinplatte werde mit dem poſitiven Polardrahte verbunden, und mit einer Schichte in Waſſer aufgelöſten Bleyzuckers bedeckt; in dieſe Auflöſung werde dann die Spitze des negativen Polardrahtes getaucht, ſo daß ſie von der Platinplatte nur etwa $1/2$ Linie abſtehe. In kurzer Zeit bilden ſich um den Punct, gegen den die Spitze unverrückt gehalten wird, ſchöne farbige Kreiſe. Zu dieſem Verſuche iſt eine Säule von etwa 12 bis 16 Plattenpaaren mit einer ziemlich ſtarken Salzauflöſung aufgebaut hinreichend. Auch auf einer polirten Silberplatte erſcheinen ähnliche Ringe, doch muß der electriſche Strom hier längere Zeit hindurch wirken. — Wird auf Platin oder Silber eine Auflöſung von Kupfervitriol

in Waſſer gegoſſen, und das Metall mit einer Zinkſpitze berührt: ſo kommen gleichfalls um den berührten Punct Kreiſe zum Vorſchein durch das an der Metallfläche niedergeſchlagene Kupfer. Hier iſt die Wirkung einer einfachen Kette vorhanden. — Man nennt dieſe Kreiſe die Figuren von Nobili, weil dieſer ſie zuerſt beobachtet, und zahlreiche Verſuche darüber angeſtellt hat.

b) Merkwürdige Bewegungen durch die Einwirkung der Polardrähte. In ein flaches Gefäß (z. B. in ein Uhrglas) werde reines Queckſilber gethan und darüber eine Auflöſung von ätzendem Kali gegoſſen. Man tauche den poſitiven Polardraht von Platin in die Flüſſigkeit, ohne das Queckſilber zu berühren, den negativen dagegen tauche man in das Queckſilber. Die convexe Oberfläche des letzteren wird flach und in der Flüſſigkeit entſtehen Strömungen, wie ſie beyläufig in der Zeichn. 426. angedeutet werden, wo N die Stelle des negativen Drahtes, P die des poſitiven bezeichnet. Wenn beyde Drähte ſich außer Berührung mit dem Queckſilber befinden: ſo entſtehen Ströme beyden Drähten gegenüber.

§. 939. Auch die Flüſſigkeit, welche zwiſchen den einzelnen Plattenpaaren ſich befindet, erleidet in einer geſchloſſenen Säule diejenige Veränderung, welche ſie erleiden würde, wenn ſie zwiſchen den Polardrähten ſich befände. Sehr begreiflich, denn ſie iſt hier gleichfalls im electriſchen Strome, mithin den Einwirkungen derſelben Thätigkeiten ausgeſetzt.

Iſt etwa Kochſalz (ſalzſaures Natrum) zwiſchen den Plattenpaaren: ſo wird es zerſetzt, eben ſo wie das Waſſer, worin es aufgelöſt iſt. Auf der Kupferſeite ſammelt ſich aus dem Waſſer der Waſſerſtoff, aus dem Salze das Natrum, jener entweicht als Gas, dieſes bleibt in der Auflöſung zurück; auf der Zinkſeite hingegen ſammelt ſich der Sauerſtoff und die Salzſäure, verbinden ſich mit dem Zink, und bilden ſalzſaures Zinkoxyd.

Abnahme der Wirkſamkeit einer geſchloſſenen Säule. Durch dieſe Zerſetzungen des naſſen Leiters (z. B. einer Säure) und die Überführungen der Beſtandſtoffe an die Platten, erleiden dieſe letzteren bedeutende Veränderungen, beſonders das Zink, welches an ſeiner Oberfläche in ein Oxyd verwandelt wird. Zugleich löſet ſich dieſes Zinkoxyd in der Säure auf, und ſo iſt auch die Flüſſigkeit jetzt eine andere als früher, und hat ein ſchwächeres Leitungsvermögen. Endlich wird auch dieſes Oxyd zum Theil wieder zerſetzt und das

daraus ausgeſchiedene Zink an das Kupfer abgeſetzt, wodurch dieſes auf beyden Seiten (wenigſtens theilweiſe) mit Zink in Berührung iſt und ſo an der electromotoriſchen Kraft einen Abbruch leidet. Alle dieſe Veränderungen müſſen eine Schwächung des electriſchen Stromes herbeyführen; auch nimmt die Wirkſamkeit der Säule immer ab. Es ſcheint indeſſen auch durch den electriſchen Strom ſelbſt in dem Kupfer eine Änderung der electromotoriſchen Kraft herbeygeführt zu werden. — Daß eine Säule, bey welcher der feuchte Leiter in naſſen Scheiben beſteht, überdieß durch das Austrocknen derſelben ſeine Wirkſamkeit verlieren müſſe, iſt an ſich klar.

Wogen in der Kette. Man hat beobachtet, daß die Abnahme der Wirkſamkeit deſto ſchneller Statt finde, je beſſer die Schließungsleitung iſt, was eigentlich zu erwarten war. Man hat ferner beobachtet, daß ſie durch Aufhebung der Schließung ſich zum Theil wieder herſtelle. Fechner, der ſich mit den Beobachtungen darüber vorzüglich beſchäftigt hat, bewegte die Zinkplatte einer Kette, und fand nachher in dem electriſchen Strome keine Änderung; er bewegte die Kupferplatte (oder die Flüſſigkeit in der Nähe derſelben) und fand die Wirkſamkeit erhöht. Er ſchloß aus dieſem und ähnlichen Verſuchen, daß der electriſche Strom ſelbſt in der electromotoriſchen Kraft des Kupfers eine Änderung bewirken möge. Andere Verſuche ſchienen dieſe Vermuthung zu beſtätigen. Denn wurde eine Kupferplatte, die in einer electriſchen Kette war, mit einer anderen, welche lange in keine electriſche Kette iſt gebracht worden, in Berührung gebracht: ſo erzeugte ſie einen electriſchen Strom. — Vielleicht ſteht mit dieſer Erſcheinung auch die der Ladungsſäule (§. 929.) in Verbindung. Erhält nähmlich jede Kupferplatte an ihren verſchiedenen Seiten eine ungleiche electromotoriſche Beſchaffenheit: ſo könnten ſolche Platten die Eigenſchaft ſchwach wirkſamer Plattenpaare haben. — Jenen Wechſel der Wirkſamkeit der Säule hat man das Wogen in der Kette genannt. — Übrigens bediente man ſich zur Beobachtung ſehr ſchwacher Änderungen des electriſchen Stromes des oft ſchon erwähnten Multiplicators und der Magnetnadel.

Einwürfe gegen die electriſche Theorie der Säule aus der allmählichen Schwächung ihrer Wirkſamkeit durch Oxydation des einen Erregers. Die Vertheidiger der Oxydationstheorie (§. 926. Zuſ.) haben nähmlich darin eine Beſtätigung ihrer Behauptung: der Oxydationsprozeß ſey der primitive, der electriſche der ſecundäre, zu finden vermeint. Indeſſen ergibt ſich unter anderm auch aus folgendem Verſuche von Ohm, daß ein electriſcher Strom durch die Oxydation nicht beſtimmt

werde. Er füllte den untern Theil einer V förmigen Röhre mit etwas durch verdünnte Salpeterſäure befeuchtetem Asbeſt, füllte dann den einen Schenkel mit verdünnter Salpeterſäure, den andern mit einer ganz geſättigten Auflöſung des Zinks in Salpeterſäure. Er tauchte nun in den erſten Schenkel Kupfer, in den zweyten Schenkel Zink. Das Kupfer mußte, das Zink aber konnte nicht von der Säure angegriffen werden, weil ſie ſchon mit Zinkoxyd geſättigt war. Dennoch entſtand bey Schließung der Kette der electriſche Strom nach derſelben Richtung, wie er Statt findet, wenn das Zink oxydirt wird. Andere Verſuche in dieſer Beziehung ſind angeſtellt worden von Berzelius, Marianini, Fechner u. a. m.

§. 940. Eintheilung der Stoffe in electro-poſitive und electro-negative. — Dieſen Erfahrungen zu Folge, nach welchen aus zwey in einem chemiſch zerſetzbaren Körper enthaltenen Stoffen ſich immer der eine nach dem poſitiven, der andere nach dem negativen Pole begibt, wenn jener Körper der Wirkſamkeit der Säule ausgeſetzt wird, nennet man jenen den negativen, der ſich an dem poſitiven Pole ſammelt, den andern den poſitiven. Es kann indeſſen aus drey Stoffen A, B, C der Stoff B in Beziehung auf A poſitiv, in Beziehung auf C negativ ſeyn, d. h. wenn A und B verbunden waren, ſo kann A nach dem + Pole, B nach dem — Pole ſich begeben; ſind aber B und C verbunden, ſo kann B nach dem + Pole, C nach dem — Pole hingezogen werden. Es iſt dann A negativ in Beziehung auf B und C, B poſitiv in Beziehung auf A, negativ in Beziehung auf C, C poſitiv in Beziehung auf A und B. Man hat ſo alle Stoffe, welche mit einander chemiſche Verbindungen eingehen, in eine Reihe geordnet, in welcher jeder in Beziehung auf alle die nachfolgenden negativ iſt, mithin jeder ſpätere in dieſer Reihe in Beziehung auf jeden vorhergehenden poſitiv heißt.

Die chemiſch unzerlegten Stoffe ſind bereits im §. 554. im Zuſatze auf die angegebene Weiſe geordnet worden. Es ergibt ſich daraus, daß der Sauerſtoff der negativſte, das Kalium der poſitivſte aller bekannten Elementarſtoffe iſt. —

Verſuch, die electrochemiſchen Wirkungen der Säule zu erklären. Es

ſeyen m und n die chemiſchen Beſtandſtoffe irgend eines Körpers k, m werde an den Zinkpol, n an den Kupferpol hingezogen. Befindet ſich nun k zwiſchen den beyden Polardrähten: ſo ordnen ſich die kleinſten Theile desſelben ſo, daß an jedem derſelben ſein m gegen den + Pol, ſein n gegen den — Pol gewendet iſt. Durch die Wirkung des electriſchen hinreichend ſtarken Stromes wird die gegenſeitige Anziehung derſelben überwunden; das nächſte Theilchen am + Pole gibt ſein m ab, welches nun frey erſcheint, n vereinigt ſich mit m des nächſten Theilchens u. ſ. w. Bey dem letzten Theilchen erſcheinet dagegen m frey an dem — Pole. — Meißner ſtellt ſich dieſe Zerſetzung eines Stoffes durch die Säule ſo vor. Die electriſche Materie ſtrömt von dem Zinkpole nach dem Kupferpole hin durch die zu zerſetzende Flüſſigkeit, z. B. durch Waſſer. Sie reißt aus dem nächſten Theilchen desſelben denjenigen Beſtandtheil, zu dem ſie die ſtärkſte Anziehung hat (hier den Waſſerſtoff), an ſich; hiermit wird der andere (der Waſſerſtoff) frey und erſcheint als Gas. Mit dem Waſſerſtoffe verbunden ſtrömt die electriſche Materie fort bis zu dem Polardrahte des Kupferpoles; hier geht ſie in dieſen Polardraht, indem ſie zugleich den Waſſerſtoff frey läßt, der mithin nun gleichfalls frey wird und als Gas erſcheint. Ähnliches geſchieht bey andern Zerſetzungen. Man ſieht, daß hier nur eine electriſche Materie gedacht wird. — Noch andere Vorſtellungsweiſen wurden von andern Forſchern angegeben. Wir übergehen ſie hier der Kürze wegen. Das Factiſche der Erſcheinung bleibt, wenn wir auch eingeſtehen müßten, daß wir nicht im Stande ſind, es vollkommen zu erklären.

§. 941. Die auf die früheren Erſcheinungen ſich gründende Electrochemie. — Die Erfahrung, daß manche Subſtanzen, wenn ſie der Einwirkung der Volta'ſchen Säule ausgeſetzt ſind, immer gegen den poſitiven, daß andere dagegen immer gegen den negativen Pol ſich begeben (§. 938.), berechtigt zu der Vermuthung, daß jede derſelben ſich in einem Zuſtande der Electricität befinde, welcher der Electricität des anziehenden Poles entgegengeſetzt iſt. Da nun durch dieſe electriſche Anziehung auch ſchwer zerſetzbare Körper (ohne Mitwirkung anderer Stoffe) leicht zerſetzt (§. 938.), ja ſogar Materien durch andere ihnen chemiſch verwandte durchgeführt werden, ohne ſich mit ihnen zu verbinden (§. 938.); da alſo in jedem

ſolchen Falle das, was man chemiſche Verwandtſchaft nennt, durch jene electriſche Einwirkung überwunden wird: ſo finden manche Naturforſcher ſich zu der Meinung veranlaßt, daß wohl jede chemiſche Verwandtſchaft differenter Stoffe in nichts anderm als einer gegenſeitigen electriſchen Anziehung gegründet ſeyn dürfte. Durch Reibung ſowohl als durch Berührung heterogener Stoffe wird in ihnen (wie wir genüglich gezeigt haben) diejenige Thätigkeit geweckt, die wir Electricität nennen, und zwar erhält immer der eine davon + E, der andere — E. (§. 870., §. 917.) Wirken ſie nun maſſenweiſe auf einander ein: ſo haben electriſche Erſcheinungen Statt; können ſie aber (im Zuſtande der Flüſſigkeit) ſich frey bewegen, und können demnach die Grundtheilchen derſelben auf einander einwirken: ſo iſt eine chemiſche Verbindung die Folge.

Ritter war wohl der erſte, der es ausgeſprochen hat, Chemismus und Galvanismus ſey ein und dasſelbe. Davy und Berzelius haben die electrochemiſche Anſicht am meiſten ausgebildet. —

§. 942. Electriſche Erklärung des Verbrennungsprozeſſes. Sie iſt bereits früher (§. 706.) angedeutet worden, kann aber erſt hier gegeben werden. Alle Feuererſcheinungen nähmlich laſſen ſich auf Electricität zurückführen, wenn man annimmt, daß die Eigenſchaft zu leuchten und zu wärmen in der Natur der Electricität liege und nicht weiter zu erklären ſey; daß mithin das Feuer (Verbindung des Lichtes und der Wärme) durch die Neutraliſirung des + E und — E entſtehe. Nach dieſer Anſicht geſchieht mithin die Verbrennung auf folgende Weiſe. Damit zwey Stoffe ſich kräftig verbinden, iſt eine ſtarke Verwandtſchaft zwiſchen beyden nöthig, d. h. der eine muß in Beziehung auf den andern ſtark poſitiv electriſch, der andere ſtark negativ electriſch ſeyn (§. 914.) Dieſes hat nun auch Statt bey der Verbrennung. Der Zündkörper iſt der negative, der Brennſtoff der poſitive. Indem ſie ſich vereinigen, werden ihre Electricitäten zu Feuer verbunden. Man kann ſich dieſes unter folgendem Bilde vorſtellen:

Feuer

| | | | |
|---|---|---|---|
| Zündkörper (z B. Sauerſtoff) enthält | −E | +E | Phosphor |
| | wägbare Baſis (Sauerſtoffbaſis) | wägbare Baſis (Phosphorbaſis) | |

Phosphorſäure.

So wäre demnach, dieſer Anſicht gemäß, der electriſche Funke Feuer in der reinſten Geſtalt, nnd es könnten Feuererſcheinungen Statt finden *ohne Verbrennung* (wie z. B. das heftige Feuer, welches nach §. 936 .Zuſ.) zwiſchen zwey Kohlenſtücken ſich zeigt, davon das eine mit dem Pluspol, das andere mit dem Minuspol der Säule in Verbindung ſteht. Unſer gewöhnliches Feuer aber wäre dann gleichfalls ein electriſches, welches in Geſellſchaft einer zugleich vor ſich gehenden chemiſchen Verbindung wägbarer Stoffe zum Vorſchein käme. — So wie aber Feuer ohne Verbrennung, ſo könnte eine chemiſche Verbindung Statt finden ohne Feuer, eine ſolche nähmlich, wo der electriſche Gegenſatz nicht bedeutend war, und wo die chemiſche Verbindung (oder electriſche Entladung) langſam und allmählich vor ſich geht.

Einwendungen gegen dieſe Theorie ſiehe unter andern in *Schweigger's* Journal, Bd. LII. S. 33.

§. 943. *Erinnerung in Beziehung auf die trockene Säule.* So deutlich an der trockenen Säule ſich die *electriſche Spannung* offenbart (§. 928.), ſo wenig ſind an ihr die im Vorhergehenden (§. 932. bis §. 939.) angebenen *Wirkungen des electriſchen Stromes* zu bemerken. Die Urſache glaubt man in der langſamen Ladung (§. 925.) der trockenen Säule zu finden, wodurch der electriſche Strom verzögert und unterbrochen wird. Indeſſen hat *Bohnenberger* dennoch mehrere dieſer Wirkungen an einer großplattigen Säule beobachtet. Auch wird (nach §. 925. Zuſ.) durch die Vergrößerung der Platten der electriſche Strom beſchleunigt.

*Bohnenberger* erhielt eine Gasentbindung aus Waſſer, als er einer Säule aus 96 gut getrockneten Doppelblättern von Gold- und Silberpapier ſich bediente, davon jedes viereckige Blatt 6 Zoll lang und 6 Zoll breit war; doch war ihre Wirkſamkeit ſehr ſchwach, man konnte die aufſteigenden Bläschen zählen. Nach acht Tagen erſchien

noch die Gasentwickelung, und an der aus einander genommenen Säule war keine Oxydation wahrzunehmen. — Er erhielt aber eine ſtärkere Gasentwickleung, als er ſich zu dem Verſuche einer ähnlichen Säule aus 1800 eben ſo großen Doppelblättern bediente. Die Gasentbindung war beyläufig ſo, wie ſie bey einer naſſen Säule von 50 bis 100 zweyzölligen Doppelſcheiben zu ſeyn pflegt. — Dieſe Säule gab auch Erſchütterungen, und eine Verſtärkungsflaſche erhielt durch eine ſchnell vorübergehende Berührung beynahe die volle Ladung, die ſie von der genannten Säule erhalten konnte. — (Nachricht von dieſen Verſuchen und noch manche intereſſante Bemerkung ſ. Gilb. Ann. der Phyſik. Bd. LIII. S. 346. —)

§. 944. **Anwendung der vorhergegangenen Lehren zur Erklärung vieler Erſcheinungen und zu beſtimmten Zwecken.** — Daß die durch wechſelſeitige Berührung verſchiedenartiger Stoffe erregte Electricität Urſache unzähliger Erſcheinungen ſeyn müſſe, iſt an ſich klar; und manche derſelben, die ehemahls kaum erklärlich war, erkläret ſich daraus ſehr leicht, wie aus folgenden wenigen Beyſpielen zu erſehen iſt. Wein und andere Getränke zeigen bekanntlich einen andern Geſchmack, wenn ſie aus einem metallenen Gefäße getrunken werden, als wenn man ſich eines reinen gläſernen bedient; das Metall, die Flüſſigkeit und die Lippen bilden, wie man ſieht, eine geſchloſſene Kette. — Ein Metall wird durch den Beytritt von Feuchtigkeit am leichteſten an den Stellen angegriffen und oxydirt, an welchen es mit einem andern Metalle in Berührung iſt. So oxydirt ſich Zink, wenn es mit eiſernen Nägeln befeſtigt iſt; ſo oxydirt ſich Queckſilber weit ſchneller, wenn es mit einem andern Metalle verbunden, als wenn es rein iſt. Immer oxydirt ſich aus zweyen mit einander in Berührung ſtehenden Metallen dasjenige, welches das poſitive iſt, welches nähmlich mit dem andern + E erhält, indem (nach §. 938.) der Sauerſtoff und die Säuren ſich nach dem + Pole der Kette begeben, während nach dem negativen Metalle aus dem Waſſer der Waſſerſtoff, aus einem erdigen Salze die Erde hingezogen wird. So ſetzet ſich in bleyernen Leitungsröhren an den Löthungsſtellen der Kalk ab. — Daraus ergeben ſich denn auch mancherley Anwendungen.

Man ſchützet jedes Metall, wenn man es mit einem andern poſitiveren verbindet. So wird Eiſen vor Roſt bewahrt durch Zink (z. B. Meſſer und Stahlinſtrumente in einer Ausfütterung von Zink), Kupfer durch Zink und Eiſen. So verbindet man, nach Davy's Vorſchlage, Stücke von Zink oder Gußeiſen mit dem Kupferbeſchlage der Schiffe, um dieſen vor Verderbniß im Seewaſſer zu ſchützen. Man nennt ſie Protectoren.

Davy's Protectoren betreffend. Bekanntlich pflegt man die Schiffe durch einen Kupferbeſchlag vor den Seewürmern zu ſchützen; das Kupfer oxydirt ſich aber allmählich und geht ſo zu Grunde. Davy ſuchte dieſe Oxydation auf die oben angegebene Weiſe zu hindern. Indem nun aber das angebrachte poſitivere Metall ſich oxydirt und mit den Säuren des Seewaſſers verbindet, ſetzen ſich der kohlenſaure Kalk und die Bittererde an das Kupfer ab. Dieſes wird mithin mit erdiger Maſſe ſtark bedeckt, an welcher ſich dann Schalthiere und Zoophyten ſo häufig anhängen, daß die Bewegung, und beſonders die leichte Leitung des Schiffes gehindert wird. Daher hat man ſpäter derley Protectoren an den Schiffen nur angewendet, ſo lange ſie in den Häfen lagen, und hat ſie vor ihrem Auslaufen in die See wieder abgenommen. Davy hat aber nach der Hand gefunden, daß dieſe Ungemächlichkeit vermieden werden könne, wenn die Oberfläche des Protectors nur klein iſt gegen die Oberfläche des zu ſchützenden Kupfers, und daß ſie nur $1/_{150}$ der letzteren zu betragen brauche, wodurch dann nicht ſo viel Seeſalz zerſetzt wird. Auch hat er überdieß vorgeſchlagen, dieſe Schutzmittel auf der innern Seite des Beſchlages in Anwendung zu bringen. Dem Vorſchlage gemäß können nähmlich in das Holz des Schiffes Nägel von Eiſen oder Zink eingeſchlagen, und darüber die Kupferplatten mit Nägeln aus reinem Kupfer befeſtigt werden. Der inwendige mit dem Kupfer in Berührung kommende Nagel ſchützet nun dieſes Kupfer auch von außen ſchon dadurch, daß er es in einen electro-negativen Zuſtand verſetzt und deſſen Anziehung gegen Sauerſtoff und Säuren aufhebt. Das Seewaſſer dringt außerdem an vielen Stellen zwiſchen die Kupferbleche und das Holz des Schiffes, und bildet ſo eine einfache Kette. Es entſteht mithin der electriſche Prozeß an der innern Seite des Kupfers, dehnet aber ſeine Wirkung auch auf die äußere aus. Die Oxydation des Zinkes geht übrigens dabey nur äußerſt langſam von Statten.

## C. Von der durch andere Prozeſſe hervortretenden Electricität.

§. 945. Dieſe Erregungsmittel ſind alle bereits früher (§. 867.) angegeben worden; hier ſoll nur noch in Beziehung auf jedes derſelben ein oder das andere Beyſpiel als Beſtätigung angeführt werden.

§. 946. **Electricität durch Druck.** — Sehr viele, vielleicht alle Körper kommen durch ſchnelle Zuſammendrückung in den Zuſtand der Electricität. Um Verſuche darüber anzuſtellen, verfertigt man aus den zu unterſuchenden Körpern kleine Scheibchen, befeſtigt dieſe mit Siegellack an Glasſtänglein, drückt ſie an irgend einen Körper, oder zwey Scheibchen an einander und trennt ſie ſchnell, beſonders, wenn ſie gute Leiter ſind, damit ſie ihre Electricität nicht wieder verlieren. Sind beyde iſolirt: ſo zeigen ſie entgegengeſetzte Electricitäten, ſonſt erſcheint nur das iſolirte electriſirt. Es verſteht ſich von ſelbſt, daß die Electricität nur ſchwach und mittelſt empfindlicher Electroſcope wahrnehmbar iſt.

In den neueſten Zeiten hat Becquerel auf dieſe Weiſe mit vielen Korpern Verſuche angeſtellt, dergleichen ſind: Kork, Kautſchuk, Hollundermark, Pomeranzenſchalen, Stärkmehl, Doppelſpath, blätteriger Gyps u. d. m. Schon früher hat Haüy dieſe Eigenſchaft beſonders im Doppelſpathe beobachtet; Libes an iſolirten Metallſcheiben, die er an gefirnißten Taffet andrückte; Deſſaignes an mehreren Körpern. —

Beſonders geben eine wahrnehmbare Electricität Körper, zwiſchen denen Adhäſion Statt findet. Übrigens ſind mehrere Umſtände von Einfluß, beſonders die Temperatur und der Feuchtigkeitszuſtand. Zwey Korkſcheiben, davon die eine erwärmt iſt, erhalten Electricität durch Aneinanderdrücken. Damit die Verſuche gelingen, müſſen die Körper wohl abgetrocknet ſeyn.

§. 947 **Electricität durch Trennung.** So z. B. zeigt ſich Zucker im Finſtern leuchtend, während er zerſchlagen

wird, eben ſo Kreide, dann ein Glimmerblättchen, wenn man es ſpaltet.

Man beginne die Trennung eines Glimmerblättchen an einem Ende desſelben, befeſtige dann an deſſen beyde Seiten ein Stänglein Siegellack und trenne es endlich ganz mit Schnelligkeit: ſo zeigt jedes der Blätter Electricität.

§. 948. **Electricität durch Wärmeänderung.** Auch mittelſt dieſer werden, mehr oder weniger, vielleicht alle Körper electriſirt; bey einigen aber iſt dieſe Electricität beſonders merklich. Dieſes iſt vorzüglich der Fall bey verſchiedenen Kryſtallen, unter denen der Turmalin längſt durch dieſe Eigenſchaft bekannt iſt. Dieſes Mineral, von deſſen merkwürdigen Eigenſchaften in Beziehungen auf das Licht bereits früher (§. 812.) die Rede war, wird von den Mineralogen zu dem Geſchlechte der Schörle gezählt. Das Auszeichnende daran iſt, daß er an zwey Puncten, welche, der Länge des ganzen Steines nach, einander entgegen geſetzt ſind, ſowohl durch ſchnelle Erwärmung, als durch ſolche Abkühlung, einen entgegengeſetzten Electricitätszuſtand erhält. Dieſe Puncte nennt man ſeine **Pole.** Derjenige, welcher durch Erwärmung + E bekommt, erhält durch Abkühlung — E, und umgekehrt. — Wird die höhere oder tiefere Temperatur des Turmalins bleibend: ſo verſchwindet die Electricität. Man ſieht daraus, daß nur der **Wechſel** der Temperatur den electriſchen Zuſtand bewirke. — Wird der Turmalin durch Reibung electriſirt: ſo iſt ſeine Electricität überall dieſelbe, und verhält ſich wie bey einem andern durch Reibung electriſirten glasartigen Körper.

Wenn der Turmalin auf glühende Kohlen gelegt wird: ſo kann man ganz leicht ſeine Electricität an der Aſche beobachten; denn dieſe wird angezogen und wieder abgeſtoßen. Aus dieſer Urſache wurde er auch Aſchenzieher genannt. — Bequemer läßt ſich die Electricität dieſes Foſſils beobachten, wenn man es auf einige Minuten in ſiedendes Waſſer taucht, und dann mittelſt einer kleinen iſolirenden Zange einem empfindlichen Electroſcop nähert. **Becquerel** hing ihn in einem Steigbügel von Papier an einen Coconfaden auf und tauchte ihn in ein gläſernes Gefäß, welches in einer Schüſſel voll Queckſilber ſich befand, deſſen Temperatur mittelſt einer Alkohollampe

erhöht wurde. — Unter 34° des achtzigtheiligen Thermometers zeigt der Turmalin keine Electricität. —

Der Turmalin hat eine auffallende Ähnlichkeit mit der trockenen electriſchen Säule. Denn man hat Turmaline in mehrere Theile getheilt, und an jedem Theile Pole gefunden, ſo, daß die Lage derſelben in den Theilen gleich war der Lage derſelben in dem ganzen Turmaline. Brewſter fand ſelbſt in den Splittern eines zerſtoßenen Turmalins Electricität.

Der Turmalin iſt nicht das einzige Foſſil, an welchem die Electricitätserregung durch Wärme Statt hat. Haüy und andere fanden dieſelbe Eigenſchaft an ziemlich vielen andern Mineralien. Beſonders iſt ſie an ſolchen bemerkbar, deren Kryſtallflächen an den zwey einander entgegengeſetzten Enden nicht auf gleiche Weiſe geordnet ſind; doch iſt, nach Brewſter, dieſes nicht eine nothwendige Bedingung. Wir nennen hier nur einige der bekannteren, als: den Boracit, den braſilianiſchen Topas, das kryſtalliſirte Galmey, den Kalkſpath, Schwerſpath, Diamant, Amethyſt, den natürlichen Schwefel, Granat, Eiſenvitriol, Zucker u. d. m. Bisweilen beſitzen mehr als zwey Puncte eines Foſſils Electricität; immer aber gehören zwey entgegengeſetzte zu einander, ſo daß der eine + E hat, der andere — E. Ein merkwürdiges Beyſpiel gibt der Boracit, deſſen Kryſtallgeſtalt in der Zeichn. 427. abgebildet iſt. Er hat acht Pole. —

Daß auch an andern Körpern der Temperaturwechſel Electricität errege, zeigt ſich am folgenden Verſuche von Becquerel. Er verband mit der Sammelplatte eines Condenſators einen Platindraht, deſſen über dieſe Platte hervorragendes Stück in eine Spirale gewunden war. Er erhitzte ihn bis zum Rothglühen, berührte die Baſis des Condenſators mit der Hand, die Spirale aber mit einem feuchten Papierſtreifen. An der weggehobenen Sammelplatte zeigte ſich + E, an dem Papierſtreifen — E.

Zu den Erſcheinungen der Electricität durch Wärme gehören auch die ſogenannten thermo-electriſchen Ströme, von denen, des Zuſammenhanges wegen, ſpäter wird geſprochen werden.

§. 949. Electricität durch Änderung des Aggregatzuſtandes der Körper. — Dieſe Electricitätserregung iſt bereits aus älteren Verſuchen bekannt. Ein Beyſpiel davon liefert unter andern der Schwefel. Schmilzt man dieſen, und läßt ihn in einem gläſernen Gefäße kalt werden: ſo zeigt er freyes — E, das Gefäß aber + E.

Eine ähnliche Erſcheinung gibt die Schokolade. Grotthus fand an einem Glaſe, welches äußerlich mit Metall belegt war, und in welchem Waſſer ſchnell gefror, + E, nachdem es aber ſchnell ſchmolz, — E.

§. 950. Electricität durch chemiſche Prozeſſe. In den meiſten Fällen mag bey chemiſchen Prozeſſen, bey welchen zugleich Electricität frey wird, dieſe wohl eine durch Berührung erregte ſeyn (§. 941.). Doch werden auch Fälle angeführt, wo Electricität die Folge des chemiſchen Prozeſſes zu ſeyn ſcheint.

Ein Beyſpiel dürfte folgendes ſeyn. Reines Waſſer in einen glühenden Platintiegel getröpfelt, gibt (nach Pouillet) keine Spur von Electricität, eben ſo, wenn Säuren eingetröpfelt werden, die keine Zerſetzung erleiden, z. B. Schwefelſäure. Es zeigt ſich dagegen Electricität, wenn Flüſſigkeiten genommen werden, die beym Verdünſten zugleich zerſetzt werden, z. B. Kalkwaſſer, Auflöſung von Soda ꝛc. Und ſo könnte man diejenige Electricität, die ſich bey Zerſetzungen zeigt, als eine Folge, diejenige aber, die ſich bey chemiſchen Verbindungen offenbart, nach §. 941., als die einleitende Urſache anſehen.

§. 951. Electricität durch den Lebensprozeß. Daß in den organiſchen Körpern ein immerwährender electriſcher Prozeß vorgehe, iſt die Meinung mancher vorzüglichen Phyſiologen. Daß ſich überdieß in vielen Fällen auch freye Electricität in organiſchen Körpern entbinde, zeigt die Erfahrung. Das bekannteſte Beyſpiel davon iſt die Entbindung von Funken, wenn das Fell einer Katze aufwärts gerieben wird. Auch aus den Haaren mancher Menſchen fahren Funken, wenn ſie gekämmt werden. — Ferner gehören hierher vorzüglich die Erſcheinungen an ſogenannten electriſchen Fiſchen. Es gibt nähmlich mehrere zu dieſer Claſſe gehörige Thiere, welche das Vermögen beſitzen, willkürlich Erſchütterungen hervorzubringen, die mit denen einer Volta'ſchen Säule einige Ähnlichkeit haben.

Dieſes Vermögen dient ihnen theils zur Vertheidigung, theils als Waffe zum Angriffe, um andere Thiere damit zu betäuben, welche ihnen zur Nahrung dienen. Die Erſchütterung wird durch Leiter der Electricität fortgeleitet, nicht aber durch Nichtleiter. Dieſe Thiere haben zu jenem Zwecke eigene Organe von zellichter Structur mit vielen Blutgefäßen; man hat ſie mit einer Volta'ſchen Säule verglichen. Sie ſind übrigens bey den verſchiedenen Gattun-

gen, ſowohl dem Orte nach, an dem ſie vorkommen, als der Form nach, verſchieden. Die Nerven dieſer Organe ſind ſtärker als andere desſelben Thieres. Wird das Organ weggenommen, oder die dahin führenden Nervenflechten weggeſchnitten; ſo verliert der Fiſch das erſchütternde Vermögen. —

Die bekannteſten dieſer Fiſche ſind: der ſurinamiſche Zitteraal (Gymnotus electricus) in vielen Gewäſſern von Südamerika; der Zitterroche oder Krampffiſch (Raja torpedo) im mittelländiſchen und im Nordmeere; der Zitterwels (Silurus electricus) im Nil und andern afrikaniſchen Flüſſen; der electriſche Stachelbauch (Tetrodon electricus) in den Gewäſſern zwiſchen der Küſte Zanguebar im Oſten von Afrika und der Inſel Madagaskar; der electriſche Spitzſchwanz (Trichiurus indicus) in Oſtindien. —

Die bedeutendſten Schläge bringt der Zitteraal hervor. Kleinere Thiere, welche unter dem Waſſer mit dieſem Fiſche in Verbindung kommen, werden durch ſeine Schläge getödtet.

§. 952. Atmoſphäriſche Electricität. — Daß nähmlich in der Atmoſphäre electriſche Zuſtände Statt finden, haben Verſuche außer allen Zweifel geſetzt. Eben ſo hat man ſich mittelſt vieler Beobachtungen und Verſuche überzeugt, daß bey mehreren Lufterſcheinungen, worunter hauptſächlich das Gewitter gehört, die Electricität unter die Haupturſachen gehöre. Wir werden von dieſen Erſcheinungen ſpäter eigens handeln; hier ſoll nur angegeben werden, wie ſich überhaupt der electriſche Zuſtand der Atmoſphäre erforſchen laſſe, und wie er, in der Regel, beſchaffen ſey. —

Die bequemſte Art, die Luftelectricität zu beobachten, dürfte ſeyn, ſich langer Stangen zu bedienen, an deren Ende man an einem iſolirten Zänglein einen Schwamm anbringt, dieſen anzündet, und mittelſt eines mit Seide umwundenen Metallfadens mit einem empfindlichen Electroſcope in Verbindung ſetzt.

Man hat auf dieſe und ähnliche Weiſe mehr oder weniger Spuren von Electricität bey jeder Jahres- und Tageszeit und bey jeder Witterung gefunden. Folgendes ſind die Hauptreſultate von derley Beobachtungen. Die heitere Atmoſphäre hat in der Regel immer freyes + E, das ſtärkſte bey trockener Luft, das ſchwächſte kurz vor Gewittern, und bey feuchter warmer Luft,

ſtärker im Winter als im Sommer, bey ruhigem Wetter ſtärker als während eines Windes. Übrigens erregen Nordwinde meiſtens + E, Südwinde meiſtens — E. — Jedes atmoſphäriſche Waſſer (als Regen, Schnee, Schloßen u. dgl. m.) iſt gewöhnlich im Zuſtande der Electricität, bald der poſitiven, bald der negativen; der Schnee hat öfters — E. Wolken zeigen bald + E bald — E, meiſtens dieſes. Sie ſcheinen in der Luft auch Electricität durch Vertheilung hervorzubringen. — Eine ſtarke Electricität zeigt die Atmoſphäre während eines Gewitters, das + E wechſelt hier mit dem — E.

Überdieß haben in der Atmoſphäre electriſche Perioden Statt, wobey das gewöhnliche + E der reinen Luft zu- und abnimmt. — Über dieſe electriſchen Perioden ſtimmen aber nicht alle Beobachter überein; einige wollen nur ein Maximum und ein Minimum für jeden Tag als Reſultat ihrer Beobachtungen gefunden haben; Schübler behauptet, es habe zwey Mahl des Tages ein ſolches Statt, das erſte einige Stunden nach Sonnenaufgang und einige Stunden nach Sonnenuntergang; ein Minimum kurz vor Sonnenaufgang, und eines ein oder zwey Stunden vor Sonnenuntergang.

Man hat auch, um die Electricität der Atmoſphäre zu beobachten, metallene, in Spitzen auslaufende Stangen auf hohen Gebäuden errichtet und ſie von allen leitenden Körpern getrennt. Mittelſt dergleichen Stangen hat man nicht nur Wirkungen auf das Electroſcop beobachtet, man hat auch Funken erhalten, Verſtärkungen geladen und alle Verſuche angeſtellt, die mittelſt der Electriſirmaſchine angeſtellt werden. Bedient man ſich einer ſolche Vorrichtung: ſo iſt, um Gefahr zu vermeiden, große Vorſicht zu empfehlen; es iſt bey bedeutender Zunahme von E das Ende der iſolirten Stange mit einer zweyten, welche mit der Erde communicirt, möglichſt genau zu verbinden. — Manche Phyſiker bedienten ſich zur Erforſchung der Luftelectricität auch eines ſogenannten papierenen Drachen. Man bewaffnete ihn mit ſpitzigem Metalldrahte und bediente ſich zur Fortleitung der Electricität einer mit feinem Metalldrahte durchflochtenen Schnur. — Um aber den Drachen iſolirt halten zu können, und ſich ſelbſt vor den Wirkungen einer unerwarteten Entladung zu ſichern, wurde an das Ende der Schnur ein trockenes ſeidenes Band befeſtigt, und dieſes in der Hand gehalten. — Zu ähnlichem Zwecke kann auch ein kleiner Luftball angewendet werden.

## Zweyter Abſchnitt.

### Von dem Magnetismus.

§. 953. **Magnet.** Mit dieſem Nahmen ward urſprünglich ein Eiſenerz belegt, welches beſonders durch zwey Eigenſchaften ſich auszeichnet, nähmlich dadurch: 1) daß es das Eiſen anzieht; 2) daß es (wenn es frey ſich bewegen kann) eine beſtimmte Lage annimmt.

Vorzüglich in den nördlichen Theilen der Erde werden die Magneterze gefunden, z. B. in Norwegen, Sibirien ꝛc., außerdem auch auf der Inſel Elba und an andern Orten.

Der Magnet ſoll ſeinen Nahmen von Magneſia, einer Stadt in Lydien, erhalten haben, in deren Nähe er, wie man meint, zuerſt iſt gefunden worden.

§. 954. **Natürlicher und künſtlicher Magnet; Magnetismus.** Das oben erwähnte Eiſenerz pflegt auch natürlicher Magnet genannt zu werden, um ihn von demjenigen Eiſen zu unterſcheiden, welchem die magnetiſchen Eigenſchaften durch künſtliche Behandlung ſind mitgetheilt worden, und welches letztere man daher einen künſtlichen Magnet zu nennen pflegt. — Von der nöthigen Behandlungsart ſelbſt werden wir an andern Orten ſprechen. — Ein Eiſen magnetiſch machen, heißt es magnetiſiren. Den Zuſtand des Eiſens, oder auch anderer Körper, in welchem magnetiſche Erſcheinungen an denſelben wahrgenommen werden, nennet man Magnetismus.

§. 955. **Magnetnadel.** — So nennet man einen dünnen magnetiſirten Stab, welcher auf eine lothrechte

Spitze ſo aufgeſetzt iſt, daß er eine wagrechte Lage erhält, und ſich zugleich nach allen Weltgegenden frey bewegen kann. Sie iſt alſo ein kleiner künſtlicher, leicht beweglicher Magnet, davon die Zeichn. 428. eine Abbildung gibt.

### Allgemeine Angabe der vorzüglichſten magnetiſchen Erſcheinungen.

§. 956. Die vorzüglichſten magnetiſchen Erſcheinungen ſind folgende:

I. Anziehung. Der Magnet und das nicht magnetiſche Eiſen ziehen einander wechſelsweiſe an, und zwar in einer merklichen Entfernung; kommen ſie in Berührung, ſo hängen ſie zuſammen. Ein Stückchen Eiſendraht, z. B. eine Stahlnadel u. d. m., an einem Faden aufgehangen und dem Magnete genähert, bewegt ſich gegen den letztern, und bleibt mit ihm zuſammenhangend. Läßt man einen Magnet und ein Stück Eiſen auf Queckſilber ſchwimmen: ſo nähern ſie ſich einander und hängen dann zuſammen. — Die Entfernung, bis zu welcher der Magnet ſeine Anziehung äußert, nennt man den magnetiſchen Wirkungskreis oder die magnetiſche Atmoſphäre desſelben.

§. 957. II. Durchwirken der magnetiſchen Thätigkeit durch alle Körper hindurch. Wenn man Eiſenfeile auf Papier, auf einen zinnernen Teller, auf eine Glastafel u. d. m. legt und unter dem Papiere oder dem Teller, einen Magnet bewegt: ſo bemerkt man auch an den Eiſentheilchen gewiſſe Bewegungen. Wird ein Stückchen Kork, auf dem ſich etwas Eiſen befindet, auf das Waſſer gelegt: ſo begibt es ſich ſchwimmend nach Belieben des Experimentators nach jener Gegend, gegen welche hin unter dem Waſſergefäße ein hinlänglich ſtarker Magnet bewegt wird. Am beſten wird dieſe Durchwirkung beobachtet, wenn man den Magnet auf eine Magnetnadel wirken läßt, nachdem man zwiſchen dieſe und ihn eine Platte von beliebiger Materie (Glas, Holz, Kupfer, Zink u. d. m.) geſtellt hat.

So wird auch eine ſehr bewegliche eiſerne Nadel unter einem Recipienten von einem Magnete angezogen, der ſich außer dem Recipienten befindet, wenn auch die Luft im Recipienten verdünnt worden iſt; daraus folgt, daß die Luft hier keinen Einfluß habe.

§. 958. III. Hervortreten zweyer Pole. Der Magnet zieht nähmlich nicht an allen Puncten ſeiner Oberfläche das Eiſen gleich ſtark an, ſondern ſtärker an zwey entgegengeſetzten Stellen. Sie werden die Pole des Magnets genannt. Man findet ſie am leichteſten, wenn man den Magnet ganz in Eiſenfeile taucht; an dieſen beyden Stellen wird nähmlich am meiſten Eiſenfeile anhangend befunden werden. Von jedem dieſer Pole nimmt gegen die Mitte zu die Stärke der Anziehung ab, bis ſie an einer Stelle null wird.

Wenn man eine Glastafel über einen Magnet legt, und ſie dann mit Eiſenfeile beſtreut: ſo vertheilt ſich dieſe ſo, daß ſie krumme Linien bildet, welche von einem Pole gegen den andern gerichtet ſind, wie dieß die Zeichn. 429. zeigt. Auch auf ſolche Art kann man alſo die Pole finden. Die Erklärung dieſer Erſcheinung wird erſt ſpäter gegeben werden.

Man findet auch die Pole eines Magnets, wenn man kleine Theile eines Eiſendrahtes oder einer ſtählernen Nadel verſchiedenen Stellen des Magnets nähert, ſo daß ſie ihm anhangen. An den Polen ſelbſt nehmen jene Theilchen eine ſenkrechte Lage an, an den zunächſt liegenden Stellen aber eine ſchiefe.

§. 959. IV. Beſtimmte Lage eines Magnetes. Wenn ſich der Magnet frey bewegen kann (wie z. B. eine Magnetnadel §. 955.): ſo nimmt er eine ſolche Lage an, daß der eine Pol gegen Norden, der andere aber gegen Süden gerichtet iſt. Daher wird jener gewöhnlich der Nordpol, dieſer aber der Südpol genannt. Von einigen Phyſikern werden die Nahmen der Pole verwechſelt aus einer Urſache, die an andern Orten wird angegeben werden. Eine gerade Linie, welche die beyden Pole des Magnetes verbindet, heißt die Achſe desſelben.

Man kann auch einen natürlichen Magnet, damit er ſich frey bewegen könne, entweder auf ungedrehten Seidenfäden aufhängen, oder auf

Queckſilber legen, ſo, daß er darauf ſchwimme, oder auch auf Pantoffelholz, welches auf Waſſer ſchwimmt.

Die beſtimmte Richtung des Magnets hat man erſt im zwölften oder gar vierzehnten Jahrhunderte kennen gelernt.

Es gibt auch Magnete, welche mehr als zwey Pole haben, ſie werden zuſammengeſetzte oder unregelmäßige genannt, und ſcheinen aus mehreren mit einander verbundenen Magneten zu beſtehen.

§. 960. Aus der Lage, die ein beweglicher Magnet annimmt, iſt es offenbar, daß die Erde (mag dieſes nun auf welche Weiſe immer geſchehen) auf jeden Magnet einwirke. Man nennet dieſe Einwirkung den Erdmagnetismus.

§. 961. V. Gegenſeitige Wirkung zweyer Magnete auf einander. Wird ein Magnet einem andern genähert: ſo beobachtet man entweder eine Anziehung oder Abſtoßung. Die gleichnahmigen Pole (nähmlich Nordpol und Nordpol, oder Südpol und Südpol) fliehen einander; die ungleichnahmigen dagegen ziehen einander wechſelſeitig an. Daher werden auch jene die feindlichen, dieſe aber die freundſchaftlichen genannt. — Man ſieht, daß hier ein gewiſſer Gegenſatz iſt, wie bey der poſitiven und negativen Electricität. Wenn man daher den Magnetismus des gegen Norden hin gerichteten Poles + M nennen will, ſo kann der Magnetismus des entgegengeſetzten Poles — M genannt werden. Das Geſetz der Anziehung kann alſo, wie bey der Electricität, ſo ausgedrückt werden: + M zieht — M an, und — M zieht + M an; das Geſetz der Abſtoßung aber ſo: + M ſtößt + M ab, — M ſtößt — M ab.

Ein Verſuch darüber läßt ſich am leichteſten anſtellen, wenn man einen Magnet ſo aufhängt, daß er eine wagrechte Lage bekömmt, und ſich ungehindert um den Aufhangspunct bewegen kann; und wenn dann die Pole eines andern Magnets nach und nach den Polen des erſtern genähert werden. — Oder man hänge einen Magnet A an den Arm einer Wage, ſo daß ſeine Achſe eine verticale Lage erhalte, und ſetze ihn mit einem am andern Arme aufgehangenen Gewichte ins Gleichgewicht. Wenn nun dem untern Pole des Magnets A ein Pol eines andern Magnets B genähert wird: ſo wird

das Gleichgewicht aufgehoben in der Art, daß, wenn der genäherte Pol des Magnetes B ein gleichnahmiger iſt, der Magnet A zurückweicht; iſt er aber ein ungleichnahmiger, der Magnet A dem Magnete B näher kommt.

Die Wirkungen zweyer heterogenen Pole auf ein ihnen genähertes Eiſen zerſtören einander auch, wie + E und — E. Man hänge ein Stück Eiſen (etwa einen Schlüſſel) an den Nordpol eines Magnets. Man bringe nun den Südpol eines andern von gleicher Stärke oben an den Schlüſſel, und er fällt ab.

Auf dieſe Anziehung und Abſtoßung die magnetiſche Wirkung in die Ferne, und das Durchwirken durch alle Körper (§. 957.) gründen ſich eine Menge magnetiſcher Spielwerke.

§. 962. VI. **Magnetismus durch Vertheilung.** Nicht nur das Geſetz der Anziehung und das der Abſtoßung, ſondern auch das der Vertheilung hat vollkommen eben ſo Statt bey dem Magnetismus, wie bey der Electricität (§. 878.). Es iſt folgendes: Jeder Magnetismus (+ M oder — M) erzeugt in ſeiner Umgebung den entgegengeſetzten. Wenn nähmlich nicht magnetiſches Eiſen (z. B. ein eiſerner Stab) dem Nordpole eines Magnets genähert wird: ſo wird der Stab ſelbſt ein Magnet, und zwar ſo, daß ſeine Pole dieſelbe Lage mit den Polen des nahen Magnets haben. Es erhält nähmlich dieſer Stab am genäherten Theile den Süd-Magnetismus, an dem entfernten Theile den Nord-Magnetismus. Das Gegentheil geſchieht, wenn er dem Südpole des Magnets genähert wird. — Daß ſich die Sache ſo verhalte, wird ſchon aus folgender Erſcheinung einleuchtend. Wenn ein Eiſenſtab an dem Nordpole eines Magnets hängt: wird von ſeinem entfernten Theile der Südpol eines jeden zweyten genäherten Magnets (z. B. einer Magnetnadel) angezogen, der Nordpol abgeſtoßen.

Man könnte vielleicht glauben, daß der Magnet hier durch das Eiſen bloß hindurch wirke, wie er durch andere Körper hindurch wirkt. Aber wenn ein ſolcher Stab von Stahl iſt, und längere Zeit am Magnete hängt: ſo zeigt auch nach ſeiner Trennung das genähert geweſene Ende heterogenen Magnetismus, das entfernt geweſene homogenen.

Schon an einem andern Orte (§. 958. Zuſ.) iſt geſagt worden, daß, wenn man eine Glastafel über den Magnet legt, und ſie dann mit Eiſenfeile beſtreut, die Eiſentheilchen ſich ſo legen, daß ſie krumme Linien bilden, die von einem Pole gegen den andern gerichtet ſind (Zeichn. 429.). Die Erklärung dieſer Erſcheinung kann jetzt gegeben werden; ſie iſt folgende. Jedes Theilchen der Feilſpäne wird magnetiſch, hat daher ſeine Pole. Die homogenen Pole der Theilchen ſtoßen einander ab, die heterogenen ziehen einander an; die Eiſentheilchen hängen alſo nicht nur an den beyden Polen des Magnetes ſelbſt, ſondern halten einander auch gegenſeitig, und bilden ſo Reihen von einem Pole gegen den andern, oder ſtreben wenigſtens ſolche zu bilden. — Das Strömen einer Flüſſigkeit (der magnetiſchen) von einem Pole gegen den andern (wie es von ältern Phyſikern angenommen wurde) iſt alſo zur Erklärung dieſer Erſcheinung, wie man ſieht, gar nicht nothwendig. — —

Wenn ein Magnet über einen Eiſenſtab geführt wird: ſo muß auch in dieſem Stabe nach dem Geſetze der Vertheilung Magnetismus erregt werden, und zwar, nach Verſchiedenheit der Stelle des Magnets, müſſen die Enden des Stabes bald dieſe, bald jene Polarität erhalten. Wenn nähmlich der Eiſenſtab A B (Zeichn. 430.) mit dem + M Pole des Magnets an ſeinem Ende A berührt wird: ſo bekommt dieſes Ende A ſogleich — M und B erhält + M, wie ſchon gemeldet worden. Wenn nun der + Pol des angeſetzten Magnets von A bis B fortrückt und in B bleibt: ſo ſind die Pole am Stabe A B verwechſelt; A nähmlich hat jetzt + M, und B zeigt — M. Gewiß iſt alſo irgend eine Stelle in A B ſo gelegen, daß, wenn der Pol des angeſetzten Magnets dieſe Stelle berührt, jenes — M des Endes A durch o M in + M übergeht. Setzen wir, eine ſolche Stelle ſey in I; dann wird der Punct I der relative Indifferenzpunct genannt in Beziehung auf den Punct A. So lange nähmlich der + M Pol des angeſetzten Magnets vor dem Puncte I ſich befindet, hat A noch — M und B hat + M; wenn jener Pol in I ſelbſt iſt, hat A ſchon o M, B aber + M; wenn aber jener Pol hinter I ſich befindet, hat A und B + M. Wenn auf dieſe Art der Magnet fortrückt, kömmt er auf einen andern Punct (z. B. auf i), welcher der Indifferenzpunct iſt für den Punct B. Aber bevor der Magnet aus I nach i kommt, nimmt die Polarität des Punctes B, welche + M iſt, immer zu, nachher nimmt ſie ab, wird o M, endlich — M. Jener Punct (z. B. C), wo der Magnet ſich befinden muß, damit das + M in B die größte Intenſität habe, wird der Culminationspunct genannt. Die Indifferenzpuncte hat Brugmann, den Culmina=

tionspunct van Swinden beobachtet. — Dieſe relativen Indifferezpuncte des werdenden Magnetes ſind nicht mit dem abſoluten Indifferenzpuncte oder dem Nullpuncte zu verwechſeln, welcher in jedem Magnete zwiſchen ſeinen beyden Polen liegt.

§. 963. Es iſt nun klar, daß es eigentlich keine magnetiſche Anziehung gebe, als zwiſchen den ungleichnahmigen Polen; denn auch das nicht magnetiſche Eiſen wird ein Magnet, bevor es von einem genäherten Magnet angezogen wird (§. 926.). Daher muß der Satz des §. 956. jetzt ſo verändert werden: Der Magnet wirket nie anziehend auf nicht magnetiſches Eiſen (als ſolches), ſondern nur auf einen Magnet.

Es erhellet nun von ſelbſt, warum weiches Eiſen vom Magnete ſtärker angezogen werde als Stahl, weil es nähmlich leichter magnetiſch wird. — Auch erklärt ſich leicht, warum jeder Pol eines ſchwachen Magnets von jedem Pole eines beträchtlich ſtärkern angezogen werde, der Nordpol alſo auch vom Nordpole, der Südpol vom Südpole. Denn es kann geſchehen, daß an einem ſchwachen Magnete, der in die Nähe (in die Atmoſphäre) eines ſtarken gebracht wird, durch die Einwirkung des letztern die Pole umgekehrt werden.

§. 964. VII. Erſcheinung an einem getheilten Magnete. — Wird ein Magnet getheilt: ſo hat jeder Theil ſeine Pole, welche mit den Polen des ganzen Magnetes in derſelben Richtung liegen.

Man ſieht hier eine auffallende Ähnlichkeit des Magnets mit der electriſchen Säule. —

§. 965. Hypotheſe. Auch zur Erklärung der magnetiſchen Erſcheinungen haben manche Phyſiker eine eigenartige Flüſſigkeit angenommen und ihr ähnliche Eigenſchaften mit denen der electriſchen zugeſchrieben. Man dachte ſich dieſelbe nähmlich auch als zuſammengeſetzt aus zwey magnetiſchen Materien, der nordpolariſchen und der ſüdpolariſchen, welche, wenn ſie vereint ſind, einander binden, wenn ſie aber getrennt ſind, ſich wirkſam (anziehend und abſtoßend) erweiſen. Da indeſſen (wie ſpäter gezeigt werden ſoll) die magnetiſchen Erſcheinungen Folgen electriſcher

Ströme zu ſeyn ſcheinen: ſo wäre es ſchon darum überflüſſig, jene Vorſtellungsweiſe hier ausführlich aus einander zu ſetzen.

Es iſt übrigens nicht zu läugnen, daß auch dieſe Hypotheſe (was ihr indeſſen mit den meiſten Hypotheſen gemein iſt) ſehr ſcharfſinnige Bearbeiter gefunden hat; und in ſofern iſt ſie keineswegs ohne Intereſſe. Doch müßte ſie jetzt manche bedeutende Modification erfahren, um ſich den neueſten Erfahrungen und Anſichten über den Magnetismus anzuſchließen.

### Genauere Beſtimmung der Lage eines frey beweglichen Magnetes. Erdmagnetismus.

§. 966. Nähere Angabe der Magnetnadel. — Sie wird aus Stahl verfertigt; man gibt ihr die Geſtalt eines dünnen, ſchmalen Parallelepipedums, oder man macht ſie rautenförmig, ſo, daß die beyden Diagonalen ſich verhalten etwa wie 5:2. Die letztere Geſtalt wird von Kater empfohlen, die erſtere von Coulomb. Für den gewöhnlichen Gebrauch wird ſie in der Mitte durchbohrt und mit einem Hütchen von Meſſing oder beſſer von Achat oder einem andern harten Steine verſehen, damit ſie, auf eine verticale Spitze aufgelegt, einer freyen horizontalen Bewegung fähig ſey. Sie wird magnetiſirt auf eine Weiſe, die erſt ſpäter wird angegeben werden, und nachher ſo abgeglichen, daß ſie auf der Spitze ruhend eine horizontale Lage habe. Die Spitze muß von hartem Stahl und wohl polirt ſeyn. Um den Punct der horizontalen Platte, auf welcher ſie aufgerichtet iſt, befindet ſich eine Kreiseintheilung; auch pflegen an vier Stellen derſelben die Buchſtaben N, S, O, W (Nord, Süd, Oſt, Weſt) angegeben zu ſeyen. — Zu beſtimmten Zwecken gibt man der Magnetnadel auch andere Einrichtungen.

Beyſpiele von andern Einrichtungen. Man kann eine feine Nadel (wenn ſie ſehr empfindlich ſeyn ſoll) an einen einfachen Seidenfaden aufhängen; bey äußerſt feinen Nadeln hat man ſich auch des Fadens einer Kreuzſpinne bedient. Zu ſchwereren Nadeln hat man aber einen feinen Metallfaden verwendet. S. z. B. hat Borda ſtarke Magnetſtäbe mit einem Fernrohre ſo verbunden, daß die Achſe des letztern und die der Nadel parallel waren. Er bediente ſich dieſes Apparates, um auch eine ſehr geringe Veränderung in der Stellung der

Nadel bemerken zu können, welches zu ſpäter anzugebenden Zwecken dienlich ſeyn kann.

Die Magnetnadel iſt für die Schiff-Fahrt einer der wichtigſten Apparate. Sie iſt der Wegweiſer des Seefahrers, wenn eine Wolkendecke ihn des Anblickes der Himmelskörper beraubt. Ohne Magnetnadel hätten nie ſehr große Seefahrten können gewagt werden. Sie hat demnach zu den wichtigſten Länderentdeckungen Anlaß gegeben, ſie hat die Verbindung entfernter Welttheile möglich gemacht, und ſo mittelbar unſerer Erde und deren Bewohnern in ſo vieler Hinſicht eine neue Geſtalt gegeben. — Zu dem Gebrauche für die Schiff-Fahrt pflegt man über die Nadel eine runde Scheibe zu befeſtigen, an welcher eine Wind- oder Schiffsroſe (§. 120. Zuſ.) mit ihren 32 Gegenden gezeichnet iſt. — Man nennet dieſe 32 Abtheilungen Striche und theilt jede noch in vier gleiche Theile. — Für den Geometer iſt die Magnetnadel gleichfalls ein wichtiger Apparat; er bedient ſich ihrer bey manchen Meſſungen auf und unter der Erde. Zu manchen Zwecken werden auch Diopter daran angebracht. — Ferner kann ſelbſt auf Landreiſen (beſonders durch Waldungen) die Magnetnadel als Wegweiſer dienen.

§. 967. Abweichung der Magnetnadel. — Beobachtungen haben gelehrt, daß nur an wenigen Stellen der Erde die Pole der Magnetnadel vollkommen gegen den Süd- und Nordpunct gerichtet ſind, an den meiſten Orten aber von dieſen Puncten mehr oder weniger abweichen. Die Verticalebene, in welcher die Achſe einer frey beweglichen Magnetnadel ſich befindet, heißt der magnetiſche Meridian des Ortes. Der Winkel, unter dem der magnetiſche Meridian den geographiſchen ſchneidet, beſtimmt die Größe der Abweichung. — In Europa weichet jetzt die Nordſpitze der Magnetnadel weſtlich ab; es gibt aber Orte, wo ſie öſtlich abweicht (z. B. an der Weſtküſte von Amerika). Die Linien, welche man durch die Orte von gleicher Abweichung ſich gezogen denkt, nennet man iſogoniſche (Linien von gleichem Winkel). Der Linien, die durch Orte gehen, wo die Abweichung null iſt, gibt es zwey, doch hat jede mehrere Zweige. — Übrigens iſt die Abweichung auch an einem und demſelben Orte nicht bleibend. Für Öſterreich (die Provinz) kann ſie jetzt im Mittel etwas über 17° angenommen werden.

Lage der Linien ohne Abweichung. — Eine derſelben gehet durch das feſte Land von Aſien, durch den großen Ocean, durch das feſte Land von Neuholland gegen den Südpol der Erde. Eine zweyte geht von der Gegend des Südpoles aus durch den ſüdlichen atlantiſchen Ocean, kommt etwas nördlich von Rio = Janeiro in das Feſtland von Amerika und durchſchneidet Nordamerika. Beyde ſind in der Zeichn. 431. durch P P′ und p p′ angedeutet. — Die Linien, die durch Orte gehen, wo die Abweichungen nicht null, aber einander gleich ſind, haben eine verſchiedene Geſtalt. Manche derſelben gehen von der einen Polgegend zur andern; andere kehren nach demſelben Orte zurück, und ſchließen ſich daher; manche gehen von der Gegend eines Poles aus, kehren gleichfalls zurück, aber ohne ſich zu ſchließen; andere gehen von einem Pole zum andern, noch andere ſpalten ſich an einem Puncte in zwey Zweige, davon der eine zurückgehend iſt. Die Geſtalten der Linien ſind übrigens nicht bleibend, indem die Abweichung (wie bereits iſt gemeldet worden) beſtändigen Änderungen unterworfen iſt.

Die Abänderungen der Abweichung betreffend. Es gibt, außer denen für eine längere Zeitdauer, auch jährliche, tägliche und zufällige. — Im vorigen Jahrhunderte war in Europa die weſtliche Abweichung zunehmend, im gegenwärtigen Jahrhunderte zeigte ſie einige Zeit hindurch keine Änderung, jetzt iſt ſie im Abnehmen. — Die jährlichen Änderungen beſtehen in abwechſelnder Zunahme und Abnahme; jene hat man von der Frühlingsnachtgleiche bis zum längſten Sommertage beobachtet, dieſe in der übrigen Zeit. An einem und demſelben Tage fand man endlich die Abweichung am kleinſten zwiſchen 6 und 9 Uhr M., zunehmend bis gegen 2 Uhr Nachmittags, wo ſie am größten iſt, dann wieder abnehmend. Die jährliche beträgt auf 20 Minuten. Unregelmäßige Änderungen erfolgen bey Erdbeben, vulkaniſchen Ausbrüchen, einem Nordlichte, bey ſtarken Schneefällen und andern Lufterſcheinungen. (S. Ann. der Phyſik, Bd. XIX. S. 357.)

Abweichungscompaſſe oder Declinatorien. So nennt man Apparate, welche zu genauen Beobachtungen über die Änderungen der Abweichung dienen. Man hat ihnen verſchiedene Einrichtungen gegeben. Eine dergleichen iſt in der Zeichn. 432. abgebildet. A B iſt eine hölzerne Büchſe, welche oben eine Glasſcheibe g hat; m und m′ ſind Mikroſcope mit Fadenkreuzen. Sie laſſen ſich in den Einſchnitten r s, r′ s′ mittelſt feiner Schrauben längs einer Eintheilung von Kupfer verſchieben; die Nadel n hängt an unzuſammengedrehten Seidenfäden horizontal, und hat an jedem Ende einen feinen Strich. Die Mikroſcope werden ſo lange leiſe verſchoben, bis dieſer Strich mit dem Fadenkreuze zuſammenfällt. Zu einem ähnlichen Zwecke

kann auch Borda's bereits angegebenes Fernrohr (§. 966. Zuſ.) oder eine ähnliche Vorrichtung dienen. (Über einen ſehr empfindlichen Apparat mit einem Spiegelchen ſ. Ann. d. Phyſik, Bd. 85. S. 67.)

§. 968. Neigung der Magnetnadel. Wenn ein nicht magnetiſcher Stahlſtab im Schwerpuncte auf eine Schneide gelegt wird, ſo daß er eine wagrechte Lage erhält; wenn der Schwerpunct des Stabes angemerkt, wenn dieſer dann magnetiſirt, und nachher auf dieſelbe Schneide auf eben dieſelbe Art gelegt wird: ſo behält er nicht mehr die vorige Lage, ſondern bildet mit der wagrechten Linie einen Winkel, ſo, daß in unſern Gegenden ſein gegen Norden gerichteter Pol ſich beträchtlich ſenkt, der entgegengeſetzte alſo ſich erhebt. Dieſe Veränderung der Richtung wird die Neigung der Magnetnadel genannt. Um aber die Neigung genau zu beſtimmen, iſt der angegebene Verſuch nicht hinreichend. Es muß zu dieſem Zwecke der nicht magnetiſirte Stahlſtab genau durch ſeinen Schwerpunct eine horizontale Achſe erhalten, damit ihm eine ganz freye verticale Bewegung möglich ſey. Auf dieſe Achſe aufgelegt, ruht er (nach §. 265.) in jeder Lage, mithin auch in der wagrechten, wenn man ihn in dieſelbe verſetzt. Wird er aber nun magnetiſirt und wieder aufgelegt: ſo bleibt er nicht, wie früher, in jeder Lage ruhig, ſondern ſeine Nordſpitze ſenket ſich, und zwar am wenigſten, wenn die verticale Ebene, in der er ſich bewegen kann, die Ebene des magnetiſchen Meridians iſt, und welche darum die Inclinationsebene genannt wird. Der Winkel, den hier die Achſe des Stabes mit der horizontalen Linie macht, heißt der magnetiſche Neigungswinkel; er beſtimmt die Größe der Neigung. Dieſe iſt nicht überall gleich, ſondern deſto größer, je näher der Beobachtungsort dem magnetiſchen Nordpole liegt. In der ſüdlichen Hälfte der Erdkugel ſenkt ſich auf gleiche Weiſe der gegen Süd gerichtete Pol der Magnetnadel. In der Nähe des Äquators aber gibt es Orte, wo die Magnetnadel wagrecht ſteht, mithin die Inclination null iſt. Manche derſelben liegen über, manche unter dem Äquator. Wird eine Linie durch dieſe Orte fortgeführt: ſo erhält ſie den Nahmen des magnetiſchen Äqua-

tors der Erde, der zu unterſcheiden iſt von dem magnetiſchen Äquator des Ortes, mit welchem Nahmen wohl auch die Ebene bezeichnet wird, welche auf den magnetiſchen Meridian eines Ortes ſenkrecht iſt. Von dem magnetiſchen Äquator der Erde wird der geographiſche in zwey Puncten geſchnitten, nähmlich im atlantiſchen Meere und im großen Ocean; beyde Durchſchnittspuncte ſind einander beynahe entgegengeſetzt. Doch iſt der magniſche Äquator nicht ein vollkommener größter Kreis, wie man ſich ihn ehemahls gedacht hat, ſondern hät Einbiegungen; indeſſen iſt er auch nicht ganz ſo unregelmäßig, wie man ihn ſpäter vermuthet hat. Vom geographiſchen Äquator entfernt er ſich ſowohl nördlich als ſüdlich beyläufig um 15 Grade. Je weiter ein Ort von dieſem magnetiſchen Äquator entfernt iſt, deſto größer iſt die Neigung der Magnetnadel. Die durch die Orte, an denen die Neigung gleich iſt, gezogenen Linien werden iſocliniſche (nähmlich Linien derſelben Inclination) genannt. Sie ſind nicht parallel mit dem magnetiſchen Erdäquator, doch nähern ſie ſich dem Parallelismus, auch ſchließen ſich alle. — Die Neigung der Magnetnadel behält für einen und denſelben Ort gleichfalls, wie die Abweichung, nicht immer dieſelbe Größe; doch iſt ſie weniger veränderlich. In Europa nimmt ſie gegenwärtig ab. Für Deutſchland kann ſie im Mittel auf etwa 69° angenommen werden. Die Zeichn. 431. gibt eine Andeutung des magnetiſchen Äquators.

Um die Größe der Inclination für einen Ort zu beſtimmen, bedient man ſich gleichfalls eigener Apparate, welche man Neigungscompaſſe oder Inclinatorien nennt. Ein vollkommener Apparat dieſer Art iſt ſehr ſchwierig herzuſtellen, weil es äußerſt ſchwierig iſt, eine Nadel genau in ihrem Schwerpuncte um eine horizontale Achſe beweglich zu machen; ſie wird während der Arbeit etwas magnetiſch, wie aus ſpäteren Lehren erhellen wird. In der Zeichnung 433. iſt ein Neigungscompaß abgebildet. Er muß (wie ſich aus dem bereits Vorgetragenen von ſelbſt ergibt) immer ſo geſtellt werden, daß die Ebene des Ringes m n, auf welchem der Neigungswinkel abgeleſen wird, mit der Ebene des magnetiſchen Meridians zuſammen falle. Um den ganzen Apparat horizontal zu drehen, dient die Achſe A A, und zur Beſtimmung des Azimuths (§. 120.) der Azimuthalkreis a z. Die Schrauben s, s, s dienen zur wagrechten Stellung dieſes Kreiſes, eben ſo die Waſſerwage w w. —

Übrigens läßt ſich der Apparat auch, ohne daß der magnetiſche Meridian bekannt iſt, mittelſt eines Verfahrens finden, welches darauf beruht, daß die Nadel des Neigungscompaſſes die verticale Lage annimmt, ſobald die Ebene des Ringes m n die Ebene des magnetiſchen Meridians rechtwinkelig ſchneidet. Denn es ſtrebet zwar der eine Pol derſelben nach Norden, der andere nach Süden; aber eine Bewegung der Nadel, welche dieſem Streben genügte, iſt bey der angegebenen Lage des Ringes unmöglich. Hat man nun durch mehrere Verſuche die rechte Lage gefunden: dann iſt es nur nöthig, jenen verticalen Ring, der die Nadel trägt, in wagrechter Richtung ſo zu drehen, daß ſeine Ebene mit der Ebene, in welcher er früher ſich befand, einen Winkel von 90 Grad bilde, und er wird ſich in der Ebene des magnetiſchen Meridians befinden. Dieſe 90 Grade laſſen ſich an dem Azimuthalkreiſe a z ableſen.

Eine andere Methode, die Neigung der Magnetnadel zu finden, beſteht darin, daß man eine Inclinationsnadel zuerſt in der Ebene des magnetiſchen Meridians, dann in einer auf dieſen Meridian ſenkrechten Ebene ſchwingen läßt, und in beyden Fällen die Schwingungen zählt, die ſie in einer gewiſſen Zeit vollendet. Die Zahl N der erſten Schwingungen wird größer befunden werden, als n, die Zahl der zweyten; und $\frac{n^2}{N^2}$ iſt gleich dem Sinus des Neigungswinkels = (*sin.* J.). Dieſes wird in der Folge deutlich werden.

§. 969. Aſtatiſche Nadel. Wird einer Magnetnadel eine Achſe gegeben, welche die Richtung der Neigungsnadel hat: ſo ſteht ſie ruhig in jeder Lage, die man ihr gibt; man nennet ſie aſtatiſch. Die Erſcheinung iſt leicht begreiflich. Denn die Lage, die ſie durch den Erdmagnetismus anzunehmen ſtrebt, iſt ja eben diejenige, welche die Neigungsnadel im magnetiſchen Meridian hat, und gerade in der Ebene der Neigungsnadel iſt ſie durch die angegebene Stellung ihrer Achſe unbeweglich.

Man erhält übrigens auch eine aſtatiſche Nadel dadurch, daß man zwey Magnetnadeln, die gleich ſtark magnetiſch ſind, über einander ſo mitſammen verbindet, daß ihre freundſchaftlichen Pole über einander ſich befinden. Die Zeichn. 434. ſtellt eine ſolche Doppelnadel vor; n s iſt mit s n durch ein Strohhälmchen h verbunden. Sie werden auf einen ungedrehten Seidenfaden aufgehangen. Man kann ſie übrigens auch neben einander verbinden, wie in der Zeichn. 435.

In der Zeichn 436. iſt eine Vorrichtung abgebildet, mittelſt deren man der Achſe der Nadel eine jede, mithin auch diejenige Lage geben kann, die ſie als aſtatiſche haben muß; M N iſt die Magnetnadel, die in der Ebene des in Grade getheilten Kreiſes a b c beweglich iſt; dieſer aber läßt ſich in jede Lage bringen, wie aus der Zeichnung von ſelbſt erhellet. Die Schraube s dienet den Kreis allmählich in horizontale Lage zu bringen, die Schraube 's ihn zu heben oder zu ſenken.

§. 970. Richtende Kraft des Erdmagnetismus. — Um die Einwirkung desſelben auf die Richtung der Magnetnadel ſich vorzuſtellen, denke man ſich über den magnetiſchen Erdpolen N und S (Z. 437.) eine Magnetnadel in ihrem Schwerpuncte aufgehangen; ſo iſt die Wirkung der Schwere auf dieſelbe aufgehoben, und ſie muß bloß den magnetiſchen Anziehungen und Abſtoßungen gehorchen. Man denke ſich ferner dieſe Magnetnadel gleichweit entfernt von N und S, ſo muß auf jedes Element der Nadel die Einwirkung des Poles N gleich ſeyn der Einwirkung des Poles S; auch wollen wir einſtweilen bloß zwey, gleichweit vom Aufhangspuncte c abſtehende Elemente in Betrachtung ziehen, eines M in der Nordpolhälfte der Nadel, das andere m in der Südpolhälfte. Von dem Erdpole N wird nun der Punct M eben ſo ſtark angezogen in der Richtung M A als m abgeſtoßen wird in der Richtung m a; M A iſt mithin = m a, und (wegen der großen Entfernung des Poles N) kann auch M A mit m a parallel gedacht werden. Eben ſo wird von dem Erdpole S der Punct m angezogen in der Richtung m b, der Punct M aber gleich ſtark abgeſtoßen in der Richtung M B; es iſt mithin m b = M B, und aus dem bereits angeführten Grunde ſind ſie einander parallel. Mithin iſt M n (die reſultirende aus M A und M B) auch gleich und entgegengeſetzt der reſultirenden m s aus den Kräften m a und m b, und die Nadel ſteht horizontal. — Ganz anders aber iſt der Erfolg, wenn die Nadel dem einen Erdpole näher iſt als dem andern. Geſetzt ſie ſey (Z. 438.) dem Erdpole N näher: ſo wird der Punct M von dem Pole N eben ſo ſtark angezogen als m abgeſtoßen wird, es iſt mithin M A = m a. Vom Pole S wird der Punct M eben ſo ſtark abgeſtoßen als m angezogen,

und M B iſt auch = m b; aber dieſe Kräfte ſind kleiner als M A und m a, eben weil der Pol S, als der entferntere, ſchwächere Einwirkungen äußern muß. Die Reſultirenden ſind hier M n und m n; ſie ſind gleichfalls einander gleich und parallel, ſie müſſen aber eine Drehung der Nadel hervorbringen, welche nur in der Richtung s′ n′ (parallel mit den Reſultirenden M n und m s) in Ruhe bleiben kann.

Wir haben nur von einem Elemente in jeder Polhälfte der Nadel geſprochen. Man mag aber ſo viele Elemente ſich denken als man will, ſo wird die Reſultirende für jeden Punct auf dieſelbe Weiſe beſtimmt. Offenbar müſſen die Reſultirenden aller Puncte einander parallel ſeyn; nur ſind ſie der Größe nach verſchieden und nehmen vom Mittelpuncte c nach beyden Enden zu, was aber auf den Erfolg in Beziehung auf die Richtung der Nadel nicht ändert. Denn offenbar kann durch die Geſammtwirkung aller Kräfte die Nadel nur in der Lage n′ s′ ruhig ſeyn, in welcher ſie mit jeder dieſer Reſultirenden eine parallele Lage hat.

Indem ſo die Lage der Nadel durch die Geſammtwirkung aller Kräfte beſtimmt iſt, könnte man noch fragen, welcher Punct der Nordhälfte c M als der Kraftmittelpunct aller mit M n parallelen Kräfte angeſehen werden könne, und eben ſo, welcher Punct der Südhälfte c m als der Mittelpunct aller in der mit m s parallelen Kräfte? Denkt man ſich die auf alle Puncte der Nordhälfte wirkenden mit einander parallelen Richtkräfte (§. 439.) a b, a b von gleicher Stärke, ſo müßte dieſer Mittelpunct oder gemeinſchaftliche Angriffspunct in der Mitte von c M liegen. Da ſie aber gegen M zu wachſen: ſo liegt er auch näher an M. Dasſelbe gilt auch für die Südhälfte c m.

Mögen übrigens dieſe Angriffspuncte (Kraftmittelpuncte) wo immer liegen (z. B. in K und K′), ſo ſind die Geſammtkräfte K N und K′ S einander doch immer gleich und entgegengeſetzt, wie ſchon aus dem bisher Vorgetragenen erhellt. Dieſes zeigt ſich indeſſen auch aus der Erfahrung. Denn wäre die eine oder die andere überwiegend: ſo müßte eine Magnetnadel nicht bloß durch Drehung ſich in die ihr natürliche Lage N′ S′ ſtellen, ſie müßte auch ein Beſtreben zeigen im Raume als Ganzes fortzurücken nach der Richtung der ſtärkeren Kraft. Dieſes Beſtreben aber hat ſie nicht, weder vertical, noch horizontal. Vertical nicht, denn eine Nadel zeigt,

nachdem ſie iſt magnetiſirt worden, auch auf der empfindlichſten Wage nicht im mindeſten ein größeres oder kleineres Gewicht als vorher. Auch horizontal nicht, wie folgender Verſuch lehret. Man hänge an einen ungedrehten Seidenfaden C D (Zeichn. 440.) einen Pappſtreifen A B, befeſtige an dem einen Ende desſelben ſenkrecht auf ſeine Richtung eine Magnetnadel n s, und bringe ſie ins Gleichgewicht mittelſt eines auf die andere Seite aufgelegten Gewichtchens G, ſo daß der Streifen A B eine horizontale Lage A B erhalte. Man drehe das Ganze ſo, daß die Nadel n s in den magnetiſchen Meridian zu liegen komme, und laſſe nun Alles ruhig. Es bleibt auch ruhig, was aber nicht der Fall ſeyn könnte, wenn in der Richtung n s oder in der entgegengeſetzten ein Überſchuß von Kraft wirkſam wäre. — Allerdings aber erfolgt eine Drehung, wenn n s nicht in dem magnetiſchen Meridian ſich befindet.

§. 971. Stärke des Erdmagnetismus an verſchiedenen Orten. Auch dieſe hat man zum Gegenſtande von Unterſuchungen gemacht. Es hat ſich daraus ergeben, daß dieſe Stärke in der Regel deſto größer ſey, je größer die geographiſche Breite des Ortes iſt. Der Überſicht wegen denket man ſich auch Linien durch die Orte gezogen, an welchen die Stärke des Magnetismus gleich groß iſt befunden worden, und nennet ſie die iſodynamiſchen (Linien von gleicher Kraft). In der Zeichn. 441. iſt eine ſolche nebſt einer iſocliniſchen (§. 968.) angedeutet. Dieſe Linien ſchließen ſich, ſind aber weder mit dem geographiſchen, noch mit dem magnetiſchen Äquator, noch unter einander parallel. Wahrſcheinlich ſind ſie gleichfalls manchen Änderungen unterworfen.

Zu Verſuchen über dieſen Gegenſtand bedient man ſich der Schwingungen einer Magnetnadel. Es iſt nähmlich ganz klar, daß eine beſtimmte aus ihrer Lage gebrachte Magnetnadel deſto mehr Schwingungen in einer und derſelben Zeit vollenden werde, je ſtärker der Erdmagnetismus auf ſie einwirkt.

Dieſe Schwingungen ſind ganz ähnlich denen eines ſchwingenden Pendels; bey dieſen iſt die Schwerkraft, bey der Magnetnadel der Erdmagnetismus die ſtätige bewegende Kraft. Man erinnere ſich (um das Folgende klar zu finden) der Proportion $T : t = \sqrt{\frac{L}{G}} : \sqrt{\frac{l}{g}}$

(§. 286. Zuſ.), mithin (wenn $L = l$) iſt $T : t = \sqrt{g} : \sqrt{G}$, mithin $T^2 : t^2 = g : G$, und $N^2 : n^2 = G : g$. Man hat hier nur für die Schwerkräfte (G und g) die Wirkungen des Erdmagnetismus (M und m) zu ſubſtituiren, nähmlich: $M : m = N^2 : n^2$. Man kann ſich übrigens einer Inclinations- oder Declinationsnadel dazu bedienen. Man ziehet die zweyte Methode vor, weil bey der Inclinationsnadel die Reibung an der Achſe muß überwunden werden, bey einer an einem feinen Faden aufgehangenen horizontalen Nadel aber nur dieſer Faden gedreht wird, der einen ſehr kleinen Widerſtand gibt. Um der Nadel die horizontale Lage zu verſchaffen, wird eine kleine Scheibe von Papier horizontal aufgehangen und die Nadel auf die Scheibe gelegt. Das Ganze wird mit einem Glasſturze bedeckt, um jeden Luftzug zu beſeitigen. Um die Nadel aus dem Zuſtande der Ruhe zu bringen, nähert man ihr ein Stück weichen Eiſens, welches man aber nachher entfernt.

Die in der horizontalen Ebene ſchwingende Nadel ſchwingt übrigens nur durch den horizontalen Theil des Erdmagnetismus, nähmlich nur durch ihr Beſtreben, in den magnetiſchen Meridian ſich zu ſtellen; denn dem verticalen Theile desſelben (oder dem Beſtreben ſich zugleich unter dem Inclinationswinkel zu neigen) kann eine ſo aufgehangene Nadel nicht Folge leiſten. Doch verhält ſich bey einer und derſelben an zwey verſchiedenen Orten ſchwingenden Nadel jener horizontale Theil offenbar ſo wie die Intenſität der ganzen Einwirkung, und mithin dient die früher angegebene Proportion auch für die Schwingungen der horizontalen Nadel. — Um aber den horizontalen Theil des Erdmagnetismus mit der ganzen richtenden Kraft zu vergleichen, möge folgende Betrachtung dienen. Man denke ſich eine Magnetnadel, die, wenn ſie nach jeder Richtung frey beweglich iſt, die Lage A a (Zeichn. 442.) annimmt, bezeichne durch a b die Größe der ganzen richtenden Kraft K. Dieſe läßt ſich zerlegen in eine vertical wirkende a c (die wir V nennen wollen) und in eine horizontal wirkende a d (welche H heißen ſoll), $I = i$ iſt der Inclinationswinkel. Offenbar iſt $V = K. \mathit{sin.}\ I$, und $H = K. \mathit{cos.}\ I$, mithin $K = \frac{H}{\mathit{cos.}\ I}$. Um die ganze magnetiſche Kraft auszudrücken, braucht man mithin nur den aufgefundenen horizontalen Theil derſelben mit dem Coſinus des bekannten Inclinationswinkels zu dividiren. — Auf dem Ausdrucke $V = K\ \mathit{sin.}\ I$ beruhet aber die oben (§. 968. Zuſ.) angegebene Methode, die Inclination durch Schwingungen in einer auf den magnetiſchen Meridian ſenkrechten Verticalebene zu beſtimmen. Denn in dieſer Ebene wirket bloß der vertical wir-

kende Theil des Erdmagnetismus, daher auch die Inclinationsnadel in dieſer Ebene ſich vertical ſtellen muß. Mithin iſt $sin. I = \frac{V}{H} = \frac{n^2}{N^2}$.

§. 972. Die Erde als Magnet. — Als ein ſolcher zeigt ſie ſich offenbar, und zwar als ein Magnet, deſſen magnetiſche Achſe mit der geographiſchen nicht zuſammenfällt. Denn wäre dieſes der Fall, und wären zugleich keine örtlichen magnetiſchen Einflüſſe vorhanden: ſo müßte der magnetiſche Meridian jedes Ortes mit deſſen geographiſchem zuſammen fallen; ferner müßte an jedem Puncte des geographiſchen Äquators die magnetiſche Inclination null ſeyn. Faßt man die oben (§. 967. §. 968.) im Allgemeinen angegebenen Stellungen der Magnetnadel zuſammen: ſo ſcheint daraus ſich noch zu ergeben, daß man auch nicht ausreiche, wenn man bloß zwey magnetiſche Erdpole ſich denkt. Man hat es mithin verſucht, um auch nur die vorzüglichſten Erſcheinungen begreiflich zu finden, vier Pole anzunehmen, zwey Nordpole nähmlich (den einen im nordweſtlichen Amerika, den andern im nordöſtlichen Sibirien) und zwey Südpole (den einen unter Neuholland, den andern unter dem Feuerlande). Dieſe Vorſtellung noch verſinnlichender zu machen, dachte man ſich in dem Innern der Erde zwey Magnete wirkſam, die aber nicht eine bleibende Stellung behalten, und ſo die Variationen der Magnetnadel herbeyführen. Daß dieſe Vorſtellungsweiſe nur als eine bildliche, die Zuſammenfaſſung der Erſcheinungen einiger Maßen erleichternde anzuſehen ſey, und keineswegs als eine phyſikaliſche Erklärung gelten könne, iſt wohl von ſelbſt klar. Aus dem Zuſammenhange des Magnetismus mit der Electricität, von dem erſt ſpäter die Rede ſeyn wird, laſſen ſich mit mehr Wahrſcheinlichkeit die magnetiſchen Thätigkeiten aus electriſchen Einflüſſen herleiten. Auch fand Hanſteen ſogar die Annahme der doppelten magnetiſchen Erdachſe mit ſeinen neueſten Beobachtungen nicht zuſammenſtimmend.

Ähnliche verſinnlichende, die Zuſammenfaſſung der Erſcheinungen erleichternde Vorſtellungsweiſen ſind auch die folgenden. Man denket ſich die Änderungen der Abweichnng als Folge einer Bewegung der Magnetpole; um die Änderung in der Inclination zu erklären, den-

ket man ſich, daß die Linie ohne Neigung von Oſt nach Weſt fortrücke, und in einem Jahre 13⅓ Raumminuten zurücklege; um die Änderungen der Abweichung zu erklären, denket man ſich ein Fortrücken der Linie ohne Abweichung; — um die täglichen Änderungen zu erklären, ſtellt man ſich vor, daß die Achſe der Erde um ihren mittlern Ort täglich einen Kreis von 2 bis 3 Minuten beſchreibe.

Als eigentliche Hypotheſen ſind zu betrachten, wenn man in der Erde wirklich einen oder mehrere Magnete annimmt, ihnen Bewegungen zuſchreibt u. ſ. w., oder wenn man mit Steinhäuſer ſich vorſtellt, daß die Erde hohl ſey, und in ihrem Innern ein kleiner Planet in einer kreisförmigen Bahn ſich bewege, ſeinen Lauf in 400 Jahren vollende u. dgl. m.

Beſonders verdient haben ſich um die Lehre vom Erdmagnetismus gemacht: Halley, Euler, Meyer, Hanſteen, Ermann, Barlow ꝛc.

Will man ſich die Wirkung der als Magnet betrachteten Erde auf die Magnetnadel einiger Maßen durch einen Verſuch verſinnlichen: ſo eignet ſich dazu folgendes Verfahren. Man lege eine große Magnetſtange horizontal, und halte eine auf einem ungedrehten einfachen Seidenfaden horizontal aufgehangene leicht magnetiſirte Nadel nach und nach über die verſchiedenen Stellen des großen Magnets. Die Nadel wird über der Mitte des Magnets die horizontale Lage annehmen; je näher man ſie aber dem einen oder dem andern Pole des Magnetes bringt, deſto tiefer ſenkt ſich der ungleichnahmige Pol der Nadel. — Werden zu jeder Seite des Magnets M (Zeichnung 443.) mehrere Nadeln a, b, c u. ſ. w. in einer Reihe gehalten, ſo nehmen ſie die Lagen an, wie ſie in dieſer Zeichnung abgebildet ſind. — Noch deutlicher laſſen ſich dieſe Erſcheinungen der Magnetnadel wahrnehmen mittelſt eines Magnets, welchem man die Geſtalt einer Kugel gegeben hat. Knight hat dergleichen Kugeln verfertigt aus gefeiltem ſchwach oxydirten Eiſen, Leinöhl und Wachs. Man nennet ſie Terrellen (Erdchen).

### Verfahrungsweiſen, die Stärke der Kraft an Magneten zu prüfen, und Reſultate ſolcher Prüfungen.

§. 973. **Wie die Stärke der magnetiſchen Kraft eines Magnets mit der eines andern, oder auch einer Stelle desſelben Magnets mit der einer andern könne verglichen werden.** — Dazu gibt

es folgende Mittel: 1. die Anhängung von Eiſen; 2. die Schwingungen einer Magnetnadel; 3. Coulomb's Drehwage. — Das erſte Mittel iſt an ſich klar. Je mehr Eiſen ein Magnet zu tragen vermag, deſto größer iſt ſeine Stärke; je mehr Eiſenfeilſpäne ſich an einer Stelle desſelben Magnets anhängen, deſto größer iſt dort die magnetiſche Kraft. — Eben ſo begreiflich iſt, daß eine Magnetnadel dem ihr genäherten Pole eines Magnets ihren freundſchaftlichen Pol zuwendet, daß ſie aus dieſer Lage gebracht, durch Schwingungen dahin zurückzukehren ſucht, und daß ſie deſto ſchneller ſchwingen muß, je ſtärker die Einwirkung des Magnetes iſt, in deſſen Nähe ſie gehalten wird. Doch iſt noch zu beachten, daß die Magnetnadel auch ohne den nahen Magnet mittelſt des Erdmagnetismus gleichfalls oſcilliren würde. Mithin muß die Zahl der Schwingungen, die dieſe Nadel in einer gewiſſen Zeit bloß durch den Erdmagnetismus macht, von der Geſammtzahl der beobachteten Schwingungen abgezogen werden, um diejenige zu erhalten, welche bloß durch den Magnet bewirkt werden. Wie übrigens die Rechnung zu führen ſey, um genauere Reſultate zu erhalten, iſt in dem Zuſatze zu §. 971. angegeben worden. — Die magnetiſche Drehwage endlich iſt im Weſentlichen mit der electriſchen derſelbe Apparat; ſtatt des nichtleitenden kleinen Hebels n o, wie der letztere an der letzteren (Zeichnung 375.) ſchwebt hier eine auf einem Drahte horizontal hängende Magnetnadel. Der einem Pole dieſer Nadel mit dem feindlichen Pole genäherte Magnet treibt jenen deſto weiter weg, je ſtärker ſeine magnetiſche Kraft iſt.

Erläuterung der Verſuche mit Schwingungen. Man läßt die Magnetnadel zuerſt bloß mittelſt des Erdmagnetismus ſchwingen. Die Zahl der Schwingungen in einer beſtimmten Zeit ſey $= N$. Nun bringt man in ihre Nähe einen aus den zu vergleichenden Magneten, läßt ihn eine gewiſſe Zeit hindurch ſchwingen, die Schwingungszahl ſey n. Früher hat bloß der Erdmagnetismus auf die Nadel gewirkt, jetzt wirkt der Erdmagnetismus M und die Kraft des Magnetes, welche letztere wir m nennen wollen. Man erhält ſo die Proportion: $M : M + m = N^2 : n^2$, mithin iſt $M : m = N^2 : n^2 - N^2$. — Man mache nun denſelben Verſuch mit einem zweyten Magnete,

deſſen Kraft $= m'$ und die Schwingungszahl $= n'$ ſeyn ſoll. Dann iſt $M : M + m' = N^2 : n'^2$, mithin $M : m' = N^2 : n'^2 - N^2$. Alſo iſt auch $m : m' = n^2 - N^2 : n'^2 - N^2$. — Man kann denſelben Verſuch auch, anſtatt mit zwey Magneten, mit zwey, drey ꝛc. Stellen desſelben Magnetes anſtellen, indem man die Nadel neben dem vertical gehaltenen Magnete hebt und ſenkt, um deſſen verſchiedene Stellen zu prüfen. Auch hier werden die Schwingungen gezählt. Wenn nun die Zahl der Schwingungen bekannt iſt, die die Nadel bloß durch den Erdmagnetismus vollbringt, und dieſe immer von der ganzen Zahl abzieht, ſo weiß man die Zahl derjenigen, die durch die bloße Anziehung jeder Stelle bewirkt werden, und kann mithin die magnetiſchen Kräfte der einzelnen Stellen vergleichen, ſo wie die der ganzen Magnete ſich vergleichen laſſen.

Mittelſt der Drehwage. Man nähert dem Pole der ruhenden Nadel die feindliche Polarhälfte des vertical gehaltenen Magnetes, ſo daß ſie abgelenket werde, und der Draht, an dem ſie hängt, eine Drehung erleide. Man dreht nun an dem Drehkopfe ſo lange zurück, bis die Spitze der Nadel um ein Gewiſſes von dem Nullpuncte abſteht (z. B. um 5 Grade). Man hebet oder ſenket die Nadel, damit ſie einer andern Stelle des Magnetes gegenüber gebracht werde, und wiederhohlt den vorigen Verſuch. Nun könnte man den Drehungswinkel beym erſten mit dem beym zweyten Verſuche vergleichen; allein man muß früher wiſſen, wie viel man zu drehen habe, um die Nadel gleichfalls um 5 Grade abzulenken, wenn kein Magnet in ihrer Nähe iſt, und ſie bloß durch den Erdmagnetismus in dem magnetiſchen Meridian gehalten wird; dieſer Winkel muß von den geſammten Drehwinkeln erſt abgezogen werden.

§. 974. Reſultate aus Verſuchen über die Stärke der magnetiſchen Kräfte der Magnete. Die wichtigſten derſelben ſind: 1) An einem und demſelben Magnetſtabe (mag er cylindriſch oder prismatiſch ſeyn) iſt die Kraft in der Mitte null, wächſt nach beyden Seiten, und zwar Anfangs langſam und allmählich, dann bedeutend ſchnell, und erreicht ihre größte Stärke in einer kleinen Entfernung von den Endpuncten ſelbſt. — 2) Die Stärke eines Magnetes hängt an und für ſich nicht ab von ſeiner Geſtalt. — 3) Mehrere Umſtände, als: Erſchütterung, Erhitzung ꝛc. vermögen die magnetiſche Kraft zu ſchwächen; doch von dieſen wird ſpäter noch eigens die Rede

ſeyn. — 4) Die Wirkung eines Magnetes nimmt mit der Entfernung von ihm ſo ab, wie die zweyten Potenzen der Abſtände zunehmen.

Um ſich das Wachſen der magnetiſchen Kraft von der Mitte aus zu erklären, zugleich mit der Erſcheinung, daß jeder Theil eines getheilten Magnetes ein ganzer Magnet iſt, mit derſelben Lage der Pole, wie in dem ganzen Magnete (§. 964.), nimmt man an, daß jedes Element eines Magnetes ſeine Pole habe. Je mehr nun die magnetiſche Kraft eines Elementes an dem andern Elemente Beſchäftigung findet, je mehr ſie auf dieſe Weiſe nach innen wirkt, deſto weniger kann ſie nach außen wirken (z. B. auf ein außer dem Magnete befindliches Eiſen). Um von dieſer Vorſtellungsweiſe einiger Maßen ein Bild zu erhalten, denke man ſich mehrere ſolche Elemente A, B, C, D, E, F u. ſ. w. (Zeichn. 444.); die Nordpole derſelben ſeyen $\overset{\text{I}}{n}$, $\overset{\text{II}}{n}$, $\overset{\text{III}}{n}$, $\overset{\text{IV}}{n}$, $\overset{\text{V}}{n}$, $\overset{\text{VI}}{n}$, die Südpole $\overset{\text{I}}{s}$, $\overset{\text{II}}{s}$, $\overset{\text{III}}{s}$, $\overset{\text{IV}}{s}$, $\overset{\text{V}}{s}$, $\overset{\text{VI}}{s}$. Der Südpol $\overset{\text{I}}{s}$ des erſten Elementes A wird von allen Nordpolen $\overset{\text{II}}{n}$, $\overset{\text{III}}{n}$ u. ſ. w. angezogen, von allen Südpolen $\overset{\text{II}}{s}$, $\overset{\text{III}}{s}$ abgeſtoßen. Die letztern liegen aber entfernter von ihm, mithin iſt die Anziehung ſtärker als die Abſtoßung. Dadurch wird ein Theil der Kraft $\overset{\text{I}}{s}$ gebunden, mithin wird von der Kraft $\overset{\text{I}}{n}$ mehr frey, als ohne dieſe Einwirkungen frey geworden wäre. Eben ſo wirken auf das Element B die Elemente C, D, E ꝛc., mithin wird auch ein Theil der Kraft $\overset{\text{II}}{n}$ frey, aber ein kleinerer. Dasſelbe erfolgt in dem Elemente C durch die Einwirkung der Elemente D, E, F; hier iſt $\overset{\text{III}}{n}$ noch ſchwächer u. ſ. w. — Macht man dieſelbe Betrachtung in Beziehung auf die Pole $\overset{\text{I}}{s}$, $\overset{\text{II}}{s}$ ꝛc., ſo ergibt ſich, daß aus demſelben Grunde in dem Elemente F von der Kraft des Südpoles $\overset{\text{VI}}{s}$ ein größerer Theil frey ſeyn werde, als von der Kraft $\overset{\text{V}}{s}$ des Elementes E ꝛc. Es wird mithin von A aus die Kraft des Nordpoles, von F aus die Kraft des Südpoles gegen die Mitte zu abnehmen, in der Mitte alſo beyde Kräfte null ſeyn.

Ein Verſuch von Coulomb. Er brachte eine kleine Magnetnadel von einem Zoll Länge aus dem magnetiſchen Meridian, um ſie horizontal ſchwingen zu laſſen. Sie machte in einer Minute 15 Schwingungen. Die Zahl 15 zur zweyten Potenz erhoben gab einen Ausdruck für die Wirkung des Erdmagnetismus auf die Nadel = 225. Er wiederhohlte den Verſuch mit dem Unterſchiede,

daß er nun einen dünnen magnetiſirten Draht von 25 Zoll Länge ihr vertical und ſo entgegen hielt, daß dem einen Pole der Nadel der ungleichnahmige Pol des Drahtes zugekehrt war. Das eine Mahl war dieſer Pol von dem nächſten Pole der Nadel um 4 Zoll, das andere Mahl um 8 Zoll entfernt. In dem erſten Falle machte ſie in einer Minute 41, in dem zweyten 24 Schwingungen. Die wirkenden Kräfte verhielten ſich alſo wie $41^2 : 24^2$, mithin wie 1681 : 576. Von jeder dieſer Zahlen abgezogen 225, welche die Kraft des Erdmagnetismus ausdrückt, verhielten ſich die Anziehungen des Drahtes allein wie $1681 - 225 : 576 - 225 = 1456 : 351$, alſo beynahe wie 4 : 1. Da die Entfernungen der anziehenden Pole ſich verhielten wie $4 : 8 = 1 : 2$: ſo verhielten ſich demnach die Anziehungen umgekehrt wie die zweyten Potenzen der Entfernungen, nähmlich $= 2^2 : 1^2$.

## Erregung des Magnetismus im nicht magnetiſchen Eiſen.

§. 975. Im nicht magnetiſchen Eiſen kann auf mehrerley Weiſe theils bleibender, theils vorübergehender Magnetismus erregt werden, nähmlich: durch den Erdmagnetismus, durch einen ſchon vorhandenen Magnet, durch Einwirkung des Lichtes, durch Electricität.

§. 976. I. **Magnetiſirung mittelſt der Einwirkung der Erde.** Auf dieſe Weiſe wird nicht magnetiſches Eiſen magnetiſch theils durch ſeine bloße Lage, theils durch Beyhülfe einer Erſchütterung. Die **vortheilhafteſte** Lage iſt die mit der Stellung einer Inclinationsnadel parallele. Doch wird auch ſchon ein lothrecht gehaltener Eiſenſtab magnetiſch. Hält man ihn ſo einige Secunden hindurch, und nähert ihn in dieſer Lage einer kleinen Magnetnadel: ſo wird von ſeinem untern Ende der gegen Norden weiſende Pol der Magnetnadel abgeſtoßen, der entgegengeſetzte aber angezogen. Das Gegentheil beobachtet man, wenn das obere Ende des Stabes den Polen der Magnetnadel genähert wird. Dieſe Einwirkung wird vermehrt, wenn man dem Stabe, ſo lange er in lothrechter Lage gehalten und ſein unteres Ende an eine gleichfalls verticale Eiſenſtange geſtützt wird, mit irgend einem harten Körper (z. B.

einem Hammer) an dem obern Ende einige Schläge verſetzt, oder wenn man ihn lothrecht auf einen harten Körper fallen läßt. Soll die Erſcheinung recht bemerkbar werden, ſo muß der Stab einige Fuß lang ſeyn.

Wie übrigens jede Art von Erſchütterung ſich wirkſam erweiſe, zeigt ſich daraus, daß ein Eiſenſtab überhaupt in jeder Lage (nur nicht in der Ebene des magnetiſchen Äquators) Magnetismus erhält, wenn er mit einem harten Körper geſchlagen, gerieben, auch wenn er gebogen wird. Die größte Wirkung erhält man, wenn der Eiſenſtab, nachdem er auf eine harte Unterlage parallel mit der Stellung der Inclinationsnadel gelegt worden iſt, mehrere Mahle in derſelben Richtung und auf den entgegengeſetzten Oberflächen durch irgend ein ſchweres Eiſenſtück geſtrichen wird.

Man kann nun leicht aus dem Vorhergehenden abnehmen, warum ſtählerne Werkzeuge, womit Eiſen gefeilt oder gehämmert wird ꝛc., ſo oft magnetiſch werden. — Endlich wird ein Eiſenſtab magnetiſch, wenn man ihn rothglühend in lothrechter Lage im Waſſer ablöſcht. Das untere Ende erhält den Nordpol.

Barlow's neutraliſirende Platten. Da das Eiſen durch den Erdmagnetismns polariſch wird: ſo werden es auch die oft großen Eiſenmaſſen auf den Schiffen. Sie wirken dann auf die Schiffscompaſſe und bringen Ablenkungen hervor, die man Abirrung (Aberration) nennt, und die ſich ändern mit der wechſelnden Polarität der Eiſenmaſſen. Barlow gibt Mittel an, den Fehler durch eine in der erforderlichen Entfernung angebrachte Eiſenplatte zu corrigiren. Sie gründet ſich auf folgende Erſcheinung, welche gleichfalls von Barlow zuerſt iſt unterſucht worden. Eine Eiſenmaſſe (Kugel, Würfel) wirkt in einer gewiſſen Stellung gar nicht auf einen Magnet ein. Man hat es verſucht, folgende Erklärung davon zu geben. Es ſey S N (Zeichn. 445.) eine horizontal ſchwebende Magnetnadel, für welche eigentlich die geneigte Lage S′ N′ die natürliche wäre; mithin iſt die Linie a q der Durchſchnitt des magnetiſchen Äquators. A, B, C ſeyen drey Eiſenmaſſen, oder eigentlich eine Eiſenmaſſe in drey verſchiedenen Stellungen. Jede derſelben hat durch den Erdmagnetismus zwey magnetiſche Hälften, einen Nordpol n, und einen Südpol s, und überall liegt n s (die Verbindungslinie der Pole) parallel mit der Inclination der Nadel N′ S′. Jedes n wirkt auf jeden Punct der Nordhälfte c N abſtoßend, auf jeden Punct der Südhälfte c S anziehend, jedes s macht die entgegengeſetzte Wirkung. Man kann, um die Geſammtwirkung zuſammenzufaſſen, ſich alle Puncte der

Nadel in c vereinigt denken. Hat nun die Eiſenmaſſe die Lage A: ſo wirkt n und s gleich ſtark auf c, wenn man die Entfernungen n c und s c gleich nimmt; ihre Einwirkungen heben mithin einander auf. In der Lage B aber wirkt n ſtärker als s, in der Lage C endlich wirkt s ſtärker als n; es wird alſo in den beyden letztern Fällen die Nadel aus der Lage S N abgelenkt werden. — Wirken aber zwey Eiſenmaſſen B und C zugleich auf die Nadel S N: ſo können die Wirkungen derſelben gleichfalls einander aufheben, wenn ſie einander gleich und entgegengeſetzt ſind. Daraus ergibt ſich nun die Möglichkeit, die Wirkung einer Eiſenmaſſe auf die Nadel durch die Wirkung einer andern gehörig geſtellten aufzuheben. (Ann. der Phyſik, Bd. LXXIII. S. 1.)

§. 977. II. Mittelſt eines ſchon vorhandenen Magnetes wird nicht magnetiſches Eiſen magnetiſch, theils durch bloße Berührung, theils durch Streichen, welches auch nur eine wiederhohlte Berührung in mehreren Puncten iſt.

§. 978. Von der Erregung des Magnetismus durch Berührung des Eiſens mit einem Magnete iſt ſchon früher (§. 962.) die Rede geweſen. Damit der Magnetismus nicht bald wieder verſchwinde, muß dieſe Berührung längere Zeit hindurch Statt finden. Doch kommt dieſes auf die Stärke des Magnetes an, und auf das Eiſen. Hartes Eiſen und Stahl werden überhaupt ſchwerer magnetiſch als weiches Eiſen, allein ſie bleiben es deſto länger. — Der Magnet verliert übrigens durch Erregung des Magnetismus im Eiſen nichts von ſeiner Kraft; er gewinnt vielmehr, indem der neue Magnet (das Eiſen) auf ihn nun ebenfalls magnetiſirend zurückwirkt.

Merkwürdige abwechſelnde Nord- und Südpole an einem Stabe. — Wird ein kurzer Stab n s (Zeichn. 446.) einem ſtarken Magnete N S genähert: ſo erhält das dem Pole S genäherte Ende n den ungleichnahmigen Pol, das entfernte Ende s den gleichnahmigen, wie ſich das mittelſt einer kleinen, etwa 3 Linien langen, an einer einfachen Seidenfaſer hängenden Magnetnadel m nachweiſen läßt. Iſt aber der Stab n′ s′ beträchtlich lang: ſo zeigt ſich hinter einem gewiſſen Puncte c der mit S gleichnahmige Zuſtand, in einer noch größern Entfernung wieder der ungleichnahmige u. ſ. w. Der Stab beſitzt demnach mehrere Pole in ſeiner Länge. Man nen-

net die Puncte, wo ſich dieſe Abwechslungen zeigen, Folgepuncte. Die Kraft eines ſolchen Stabes, ſich in die einem Magnete gehörige Lage (§. 959.) zu ſtellen, iſt viel ſchwächer als bey einem andern, deſſen eine Hälfte bloß + M hat, die andere bloß — M. Bey Verfertigung von Magnetnadeln iſt es äußerſt wichtig, die Entſtehung der Folgepuncte zu vermeiden. — Bey den nun folgenden Methoden des Magnetiſirens wird es demnach der Hauptzweck ſeyn, das Auseinandertreten des + M und — M vollkommen zu bewirken. — Jene Folgepuncte ſind den electriſchen Zonen (§. 878. Zuſ.) analog.

§. 979. Magnetiſirung durch das Streichen. — Hierbey macht man den Unterſchied, daß entweder bloß ein Pol des ſtreichenden Magnetes zu derſelben Zeit verwendet wird, oder daß man beyder Pole zugleich ſich bedient. Die erſte Methode wird einfacher Strich, die zweyte Doppelſtrich genannt. — Ehe wir zu der näheren Angabe der verſchiedenen Streichmethoden übergehen, muß noch Einiges in Beziehung auf die Geſtalt der Magnete (ſowohl derjenigen, die man zu erhalten wünſcht, als derjenigen, deren man ſich beym Streichen bedient), vorausgeſchickt, und dann beygefügt werden, worauf ſich überhaupt die Wirkung des Streichens gründe.

1) Die Geſtalt der Magnete betreffend. Man bedient ſich zu mancherley Behufe außer den geraden Stäben auch häufig ſolcher, welche hufeiſenförmig gebogen ſind, und daher auch Hufeiſenmagnete genannt werden. Man gibt ihnen dieſe Geſtalt, damit beyde Pole zugleich auf ein ihnen dargebothenes Eiſenſtück wirken können. Auch pflegt man ein eigenes Stück weichen Eiſens (Anker genannt) an ihre Pole anzubringen. Ein Hufeiſenmagnet iſt in der Zeichn. 447. abgebildet. Er iſt auf einem Geſtelle G aufgehangen vorgeſtellt; an ſeinen Polen N und S haftet der Anker A, an dieſem hängt mittelſt eines Hakens ein Eimer E, in welchen man Gewichte legt, um die Stärke des Magnetes zu beſtimmen. — Man kann übrigens einem Magnete zu irgend einem Behufe auch eine andere beliebige Geſtalt geben.

2) Die Wirkung des Streichens betreffend.

Sie beruht, ſo wie die der Berührung, auf dem Geſetze der magnetiſchen Vertheilung (§. 962.). Dieſem gemäß erhält jede Stelle des unmagnetiſchen Eiſens, welche mit dem Pole des Streichmagnetes in Berührung kommt, die entgegengeſetzte Polarität. Durch die Bewegung des Streichpoles wird mithin dieſe Polarität von Stelle zu Stelle hervorgerufen, die entgegengeſetzte dagegen an der entfernteren Stelle erregt; ſo wird das geſtrichene Eiſen immer des Magnetismus fähiger. Wird dann der Streichmagnet entfernt: ſo hat die zuletzt berührte Stelle die entgegengeſetzte Polarität des mit ihr am Ende der Operation in Berührung geweſenen Pols.

§. 980. Der einfache Strich. — Man ſtellt den einen Pol des Magnets (z. B. den Nordpol) auf die Mitte des zu magnetiſirenden Stahlſtabes, und ſtreichet dieſen mehrmahls bis an das eine Ende hin. Nun ſtellt man den andern Pol auf die Mitte des Stabes, und ſtreicht eben ſo gegen das andere Ende hin. Auf dieſelbe Art behandelt man den Stab auf der andern Seite. Die mit dem Nordpole geſtrichene Hälfte hat nun die Südpolarität, die mit dem Südpole geſtrichene die Nordpolarität.

Man erhält übrigens auf dieſe Weiſe nicht leicht den größten Grad der möglichen Magnetiſirung, beſonders, wenn der Stab eine beträchtliche Dicke hat. Iſt er etwas lang, ſo entſtehen auch leicht in ihm die bereits oben erwähnten Folgepuncte (§. 978. Zuſ.). Man kann dergleichen abwechſelnde Nord- und Südpole auch abſichtlich erzeugen, wenn man an einigen Stellen mehr verweilt als an andern. Werden beliebige Stellen eines Stahlbleches mit dem Ende eines Magnetes geſtrichen, als ob man Zeichnungen machen wollte: ſo werden ſie magnetiſch, und aufgeſtreute Eiſenfeilſpäne hängen ſich daran.

§. 981. Der Doppelſtrich. Dieſer iſt am beſten dazu geeignet, dem Magnete eine große Stärke zu verſchaffen. Es gibt verſchiedene Methoden des Doppelſtriches, davon wir nur die vorzüglichſten angeben wollen.

a) Für gerade Magnete, wozu man ſich eines gleichfalls geraden Streichmagnetes bedienen kann, oder eines Hufeiſenmagnets. Im erſten Falle wird der zu magnetiſirende Stab a b

(wie es die Zeichn. 448. darſtellt) auf zwey weiche Eiſenſtäbe gelegt, und mit den ungleichnahmigen Polen zweyer ſtarken ſchief gehaltenen Magnete von der Mitte aus gegen die beyden Enden geſtrichen. Die mit dem Nordpole geſtrichene Hälfte bekömmt die Südpolarität, die mit dem Südpole geſtrichene die Nordpolarität. Dieſe Polaritäten werden von dem weichen Eiſen, welches die entgegengeſetzten Polaritäten durch Vertheilung erhält, zum Theil gebunden, wodurch eine große Empfänglichkeit des zu magnetiſirenden Stabes bewirket wird. Statt des weichen Eiſenſtabes kann man auch zwey Magnete anwenden, auf deren ungleichnahmige Pole der zu ſtreichende Stab aufgelegt wird. — Im zweyten Falle werden zwey zu magnetiſirende Stäbe a b und c d (Zeichn. 449.) an beyden Enden mit weichen Eiſenſtücken E und e verbunden, der hufeiſenförmige Streichmagnet M auf das eine Eiſenſtück E aufgeſtellt, auf den Stäben nach dem andern Ende zu, bis über das zweyte Eiſenſtück e fortbewegt, und dieſes Verfahren einige Mahle wiederhohlt. Die zuletzt berührten Enden haben die den Polen des Streichmagnetes entgegengeſetzte Polarität.

b) Für Hufeiſenmagnete. Für dieſe bedient man ſich am beſten gleichfalls hufeiſenförmiger Streichmagnete. Das einfachſte Verfahren dabey iſt folgendes. Man legt an das zu magnetiſirende Hufeiſen n m s (Zeichn. 450.) den Anker A an, ſtellt den hufeiſenförmigen Streichmagnet M auf die Wölbung des zu ſtreichenden, und bewegt ihn gegen den Anker zu, und über dieſen hinaus. Dieſes wird einige Mahle wiederhohlt, die mit dem Nordpole geſtrichene Hälfte hat den Südpol, die andere den Nordpol erhalten. — Man kann übrigens eben ſo gut an dem Anker zu ſtreichen anfangen und über die Wölbung m hinaus ſtreichen; dann ſind die erhaltenen Pole die entgegengeſetzten von denjenigen, die durch die erſte Methode erhalten werden.

Es ſind viele Abänderungen dieſer Methode möglich, wir übergehen ſie der Kürze wegen. — Übrigens iſt über alle dieſe und andere Verfahrungsarten noch anzumerken, daß der Magnetismus, der durch das Beſtreichen mittelſt eines Magnets

in einer Stahlſtange iſt erregt worden, durch ein Beſtreichen in entgegengeſetzter Richtung wieder zerſtört werde.

Zur Magnetiſirung von Magnetnadeln pflegt man ſich des folgenden Verfahrens, zuerſt von Knight angewendet, zu bedienen. Man legt zwey ſtarke Magnetſtangen in derſelben Richtung hinter einander ſo, daß ihre freundſchaftlichen Pole ſich berühren; darüber legt man die Nadel ſo, daß die eine Hälfte über dem Nordpolende des einen Magnetes ſich befindet, die andere Hälfte über dem Südpolende des andern Magnetes. Nun werden die beyden Magnete unter der in der Mitte feſt gehaltenen Nadel nach entgegengeſetzten Richtungen aus einander gezogen, und dieſes Verfahren wird mehrmahls wiederhohlt.

Der Kreisſtrich. Es werden vier Stahlſtäbe ſo gelegt, daß ſie ein Quadrat bilden (ſ. Zeichn. 451.). Nun führt man die zwey ungleichnahmigen Pole zweyer einander nahen Magnete von dem einen Stahlſtabe zum andern und ſo mehrmahls rings herum.

Der Transverſalmagnet. Man kann einen Stahlſtab auch ſo magnetiſiren, daß er Pole erhält, die an dem Umfange eines jeden Querſchnittes abwechſelnd neben einander ſich befinden. Einen ſolchen Stab nennt man einen Transverſalmagnet. Das Verfahren dabey iſt folgendes. Es wird ein breiter Ring vorgerichtet, der an ſeinem Umfange vier oder ſechs Löcher hat, durch welche Magnete ſo geſteckt werden, daß ihre Pole abwechſeln. Man zieht nun durch die Mitte des Ringes einen Stahlcylinder ſo, daß er an den gegen die Mitte zugekehrten Polen der Magnete ſich reibt. Die Folge davon iſt jene Abwechslung der Polaritäten an ſeinem Umfange. Oder es wird ein Cylinder oder ein Prisma von Holz mit dickeren oder dünneren Stahldrähten ſchraubenförmig umwickelt, ſo daß die Schraubengänge einander berühren. Wird nun dieſer Cylinder mit dem Pole eines ſtarken Magnetes der Länge nach geſtrichen: ſo haben zwey entgegengeſetzte Seiten die entgegengeſetzte Polarität.

§. 982. III. Magnetiſirung durch den Einfluß des Lichtes, beſonders des violetten. Über dieſen Einfluß ſind die Naturforſcher nicht einig, weil die deßhalb angeſtellten Verſuche nicht allen haben gelingen wollen.

Zantedeschi gibt die Umſtände an, welche vorzüglich zu berückſichtigen ſind, nähmlich: Es dürfen keine ſtarken, noch weniger ſtark gehärtete Drähte zu ſolchen Verſuchen genommen werden; die günſtigſte

Temperatur iſt die von 25° bis 26° R. (bey niedrigerer oder ſehr hoher fand er die Ergebniſſe zweydeutig); zweydeutig oder null fand er ſie gleichfalls, wenn der Strahl von der Mitte der Nadel gegen das Ende zu geführt wurde. — Morichini war der erſte, der die Einwirkung des Lichtes, beſonders des violetten, auf Erregung des Magnetismus behauptet hat. Nach Lady Sommerville, welche mit dergleichen Verſuchen ſich abgab, ſoll nicht die ganze Nadel dem violetten Lichte ausgeſetzt werden, ſondern nur diejenige Hälfte, welche nordpolariſch werden ſoll, die andere Hälfte iſt mit Papier zu bedecken. So werden die Nadeln (am beſten Stücke von Uhrfedern) in einigen Stunden magnetiſch. Als die günſtigſte Zeit fand ſie die zwiſchen 10 und 1 Uhr an einem heiteren Sommertage. — Auch wurden Nadeln magnetiſch, die halb bedeckt unter ein mit Kobold blau oder grün gefärbtes Glas gelegt wurden; mithin äußern auch dieſe Strahlen ſich wirkſam; ganz unwirkſam aber hat man die rothen, rothgelben und gelben gefunden. — (Einiges hierher Gehörige ſ. auch: Zeitſchrift für Phyſik, Bd. I. S. 263.) — Auch Chriſtie hat ſich mit dergleichen Verſuchen beſchäftigt, und will einen Einfluß des Lichtes auf die Schwingungen von Magnetnadeln bemerket haben. (Bibl. univ. Bd. XLI. S. 12.)

§. 983. IV. Magnetiſirung durch Electricität. — Ein Verſuch darüber iſt ohne alle Schwierigkeit. Eine Glasröhre (eine etwas weitere Barometerröhre), die einige Zoll lang iſt, wird mit einem ziemlich dünnen Kupferdrahte ſchraubenförmig umwunden, doch ſo, daß die einzelnen Schraubengänge ſich nicht berühren; in die Röhre wird ein ganz unmagnetiſches Stück Draht von Eiſen oder Stahl gethan, und ein oder mehrere Entladungsſchläge durch den Kupferdraht geleitet, oder auch ein electriſcher Strom von dem poſitiven Conductor der Electriſirmaſchine zu dem negativen. Der Eiſendraht in der Glasröhre zeigt dann deutliche Polarität; das eine Ende ſtößt den Nordpol einer Magnetnadel ab, das andere den Südpol. — Man erhält denſelben Erfolg, wenn der ſchraubenförmig gewundene Kupferdraht in den Schließungskreis einer wirkſamen galvaniſchen Kette (§. 919.) gebracht wird.

Dieſe Wirkungen laſſen ſich ſehr verſtärken; es ſoll davon (des Zuſammenhanges wegen) ausführlicher in der Lehre vom Electromagnetismus die Rede ſeyn.

### Erhaltung, Vermehrung und Verminderung der Kraft eines Magnetes.

§. 984. **Worauf die Erhaltung und Verſtärkung dieſer Kraft beruhe.** Sie beruht eben ſo auf dem Geſetze der magnetiſchen Vertheilung, wie die Erzeugung des Magnetes (§. 977.). Mithin kommt es auch hier darauf an, daß das Auseinandertreten der magnetiſchen Thätigkeiten unterhalten und geſteigert werde. Aus dieſem Grunde werden zwey Magnetſtäbe vor Schwächung bewahrt, wenn man ſie mit ihren ungleichnahmigen Polen zuſammen legt; noch beſſer, wenn zwiſchen jedes Paar dieſer Pole ein Stück weichen Eiſens gelegt wird (wie dieſes in der Zeichn. 452. angegeben iſt). Jedes ſolche Eiſenſtück erhält an der Stelle, wo es einen Magnetpol berührt, die entgegengeſetzte Polarität, mithin ſind acht Pole hier auf einander wirkend und einander verſtärkend (wie das in derſelben Zeichnung angedeutet wird). — Dieſelbe Wirkung hat der an den Polen eines Hueiſenmagnetes angebrachte Anker (Zeichn. 447.). — Auf dieſelbe Weiſe iſt erklärbar, warum ein Magnet an Stärke allmählich zunimmt, wenn man die Laſt, die er trägt, nach und nach vermehrt. Endlich iſt leicht einzuſehen, warum es vortheilhaft ſey, einem Magnete diejenige Lage zu geben, die er von ſelbſt annehmen würde, wenn er frey beweglich wäre, und in welcher die Einwirkung der Erde ſeinen Magnetismus verſtärken kann.

Leicht erkläret ſich aus dem Geſagten auch das ſonderbar ſcheinende Phänomen, daß ein Magnet ein Stück Eiſen von größerem Gewichte aufheben kann, wenn dieſes auf einer Maſſe von Eiſen (z. B. auf einem Amboße) liegt, als wenn es auf einem hölzernen Tiſche ſich befindet. Geſetzt, der dem Eiſenſtücke c d (Zeichn. 453.) genäherte Pol b habe freyes + M, ſo wird in c ein — M, in d aber + M frey; aber auch die Maſſe e f erhält oben — M, und es kann demnach in d das + M ſtärker werden, und bewirkt ſo auch ein ſtärkeres — M in c.

§. 985. **Verſtärkung eines natürlichen Magnetes durch Bewaffnung.** Man ſagt, ein ſolcher Magnet werde bewaffnet, wenn die Stellen, wo ſeine Pole ſich be-

finden, abgeſchliffen, und an dieſelben beyderſeits Platten von recht weichem Eiſen, welche in dickere Füße ausgehen, angelegt werden. Man befeſtigt dieſe mittelſt meſſingener Ringe, die mit Schrauben zuſammen gefügt werden. Die unten hervorragenden dickern Enden ſind durch Vertheilung magnetiſch, und heißen die künſtlichen Pole des Magnets. An ſie wird, wie an den Hufeiſenmagnet, ein Anker angebracht. Die Zeichnung 454. ſtellt einen bewaffneten Magnet vor, wo M der Magnet ſelbſt iſt; a b und c d bezeichnen die Eiſenplatten, e und f die hervorragenden Füße, g g′ den Anker, h deſſen Haken und l das angehängte Gewicht. Auch hier ruft jedes + M ein — M hervor und umgekehrt; es ſind vier Magnete, die eine Kreiswirkung hervorbringen.

§. 986. Verſtärkung der magnetiſchen Wirkung durch Summirung der Kräfte. Darauf beruhen die aus mehreren Lamellen, welche mit ihren gleichnahmigen Polen an einander gelegt und mit Schrauben verbunden werden, zuſammengeſetzten Hufeiſenmagnete, davon einer in der Zeichn. 455. abgebildet iſt. Der innerſten Lamelle gibt man die größte Länge, und läßt dieſe bey den übrigen nach außen abnehmen. — Gleichfalls beruhen darauf die aus geradlinigen, mit den gleichnahmigen Polen an einander gefügten Stäben beſtehenden Magnetbüſchel, davon zwey in der Zeichn. 456. abgebildet ſind. An ihren beyden Enden ſind ſchmal ausgehende weiche Eiſenſtücke feſtgemacht, wodurch ſie auch zur Magnetiſirung anderer Stäbe bequemer werden. Stellt man zwey ſolche Magnetbündel in einer kleinen Entfernung neben einander, verbindet ihre obern und untern Pole (die immer ungleichnahmig ſeyn müſſen) mittelſt eines Stückes weichen Eiſens: ſo erhält man einen in der Zeichn. 457. abgebildeten Apparat. Man nennet ihn auch wohl ein magnetiſches Magazin.

Knight in England hatte auf dieſe Weiſe ein ſolches Magazin zuſammengeſetzt, welches vermögend war Stahlſtangen durch eine augenblickliche Berührung ſtark magnetiſch zu machen, und die Pole natürlicher und künſtlicher Magnete umzukehren. Es beſtand aus zwey

Magnetbüſcheln; und jedes der letztern aus 240 magnetiſchen Stahlſtäben von $1^1/_2$ Fuß Länge. — Das ganze Magazin wog 1000 Pfund.

§. 987. Schwächung der magnetiſchen Kraft. Sie wird bewirket durch jedes Verfahren, welches dem die magnetiſche Kraft erhöhenden entgegengeſetzt iſt. So z. B. wird die Kraft eines Magnetes vermindert, wenn ſeine Thätigkeit keine Beſchäftigung findet. — Eine ſchnelle Schwächung leidet er, wenn ſeine Laſt ihm ſchnell abgeriſſen wird. — Durch jede Erſchütterung (z. B. einen ſtarken Schlag), durch Oxydation, durch bedeutende Erhitzung wird ſeine Kraft gleichfalls vermindert, durch Ausglühen desſelben wird ſie ganz vernichtet.

## Magnetismus anderer Körper außer dem Eiſen. Rotationsmagnetismus.

§. 988. Des Magnetismus fähige Körper. — Bisher iſt immer bloß vom Magnete und Eiſen geſprochen worden, weil am letztern die magnetiſchen Eigenſchaften ſich am meiſten offenbaren. Indeſſen ſind dieſelben auch in einem bedeutenden Grade am Nickel und Kobalt vorhanden; beyde werden vom Magnete angezogen, auch laſſen ſich künſtliche Magnete und mithin auch Magnetnadeln daraus herſtellen. Nach Coulomb's Verſuchen endlich wirket der Magnet wahrſcheinlich auf alle feſten Körper. Er verfertigte nähmlich äußerſt kleine Nadeln aus verſchiedenen Körpern, und brachte ſie, auf einem einfachen Seidenfaden aufgehangen, zwiſchen die freundſchaftlichen Pole zweyer ſtarken Magnete, und fand, daß die Wirkung der letzteren auf dieſe Nadelchen nicht null war. — Daß jedes Metall, durch welches ein electriſcher Strom geleitet wird, ſo lange dieſer Strom dauert, ſich magnetiſch erweiſe, davon wird noch ſpäter ausführlich geſprochen werden. — Von der Einwirkung in Drehung begriffener Körper auf die Magnetnadel und bewegter Magnete auf leicht bewegliche verſchiedenartige Körper ſoll ſogleich die Rede ſeyn.

Coulomb's Verſuche. Die Vorrichtung, deren er ſich bediente, iſt in der Zeichn. 458. abgebildet. G iſt eine Glasglocke, wie bey Luftpumpen (um jede Einwirkung bewegter Luft zu hindern), n die kleine Nadel, m und m' die Magnete. Eine ſolche Nadel richtete ſich nach der Lage dieſer Magnete; ließ er ſie oſcilliren, ſo geſchah dieſes ſchneller, als wenn die Magnete nicht zugegen waren. Er ſtellte derley Verſuche an mit Nadelchen von Gold, Silber, Glas, Holz, Knochen und andern organiſchen Stoffen. Die Nadeln hatten eine Länge von etwa 3 Linien und eine Dicke von $\frac{1}{6}$ Linie. Allerdings blieb hier noch der Zweifel, ob nicht etwa eine kleine Menge in dieſen verſchiedenen Körpern enthaltenen Eiſens die Urſache jener Erſcheinungen geweſen ſeyn möge. Coulomb ſtellte in dieſer Beziehung Verſuche an mit Nadeln aus einer Miſchung von Wachs und Eiſenfeilſpänen, und fand, daß die Kraft, mit welcher ſie angezogen wurden, proportional mit der Menge des Eiſens zunahm. Dieß gab ihm Mittel, einiger Maßen zu beſtimmen, wie groß die Menge Eiſens ſeyn müßte, die ein ſcheinbar reines Silber enthalten möge, um ſo angezogen zu werden, wie der Verſuch zeigte. Es ergab ſich, daß es der 132800ſte Theil desſelben betragen könnte, indem die Wirkung des Magnetes darauf 415 Mahl ſchwächer war, als auf ein Silber, welchem abſichtlich $\frac{1}{320}$ an Eiſen iſt beygemiſcht worden.

Andere Beobachtungen und Verſuche. — Nach Hanſteen hat jeder vertical ſtehende Körper (ſogar ein Baum, eine Mauer ꝛc.) an ſeinem untern Ende einen Nordpol, und wirkt abſtoßend auf den Nordpol einer Magnetnadel. — Neuere Verſuche über die magnetiſche Anziehung bey verſchiedenen Körpern ſind angeſtellt worden von Becquerel, Baillif, Saigey (Ann. de Chem. et de Ph. XXV., Ferussac, Bulletin des sc. math. et phys. 1827, 1828.).

Dem Widerſtande eines Körpers gegen das Hervortreten der magnetiſchen Thätigkeiten (oder, in der Sprache der im §. 965. Zuſ. kurz berührten Hypotheſe, dem Widerſtande gegen die Zerſetzung der magnetiſchen Materie in ihre zwey Beſtandtheile + M und — M) hat man den Nahmen Coërcitivkraft gegeben. Iſt dieſe ſehr klein: ſo wird ein Körper leicht magnetiſch, hört aber bald auf es zu ſeyn, wie z. B. weiches Eiſen; iſt ſie dagegen ſehr groß: ſo wird er ſchwer magnetiſch. Man ſieht übrigens, daß dieſes wohl eine Benennung, aber keine Erklärung iſt.

Sideroſcop (Eiſenzeiger). — Dieſer kleine Apparat, welcher dazu dienen ſoll, geringe Spuren von Magnetismus aufzufinden,

beſteht der Hauptſache nach in einem auf einem Coconfaden aufgehangenen Strohhalme, in deſſen jedes Ende ein ſehr kleines magnetiſches Stahlcylinderchen ſo eingeſchoben wird, daß zwey gleichnahmige Pole einander zugewendet werden, das Ganze mithin eine ſehr leichte aſtatiſche Nadel (§. 969. Zuſ.) bildet. Der Strohhalm iſt etwa 15 Zoll, jedes Stahlcylinderchen etwa 18 Linien lang, $^1/_2$ Linie dick. Das Ganze wird in einen Steigbügel von Papier gelegt, welcher auf dem Coconfaden hängt; und zur Verhüthung von Luftſtrömen befindet ſich der Apparat in einem Glasgehäuſe. — Mittelſt dieſes Apparates hat Saigey Beobachtungen über den Magnetismus verſchiedener Eiſenerze angeſtellt. Er ſchließt aus den beobachteten Reſultaten, daß alle Eiſenerze von Natur magnetiſch ſind, unabhängig von ihrer Lage in der Erde. — Das urſprüngliche Siderofcop iſt von Baillif.

§. 989. Magnetiſche Erſcheinungen durch Drehungs- und Schwingungsbewegung. Die vorzüglichſten Erfahrungen über dieſe ſehr merkwürdigen Phänomene ſind folgende: 1) Bringt man eine ſtark magnetiſirte Nadel in horizontale Schwingungen: ſo werden dieſe nur ſehr allmählich kleiner. Befindet ſich unter dieſer Nadel und ihr ſehr nahe eine Kupferſcheibe: ſo wird dadurch die Dauer jeder einzelnen Schwingung nicht geändert, aber die Weite der Schwingungen nimmt bedeutend ab. Auf ſtark magnetiſirte Nadeln iſt dieſe Einwirkung beträchtlicher, als auf ſchwach magnetiſirte; bey einer unmagnetiſirten Nadel hat ſie gar nicht Statt. — 2) Wird unter einer ruhigen Magnetnadel eine Kupferſcheibe in drehende Bewegung verſetzt: ſo wird die Nadel nach der Richtung der Bewegung abgelenkt, und zwar deſto mehr, je größer die Geſchwindigkeit der Drehung iſt; bey bedeutender Geſchwindigkeit fängt endlich die Nadel an ſich gleichfalls zu drehen. — 3) Wird unter einer in ihrem Schwerpuncte aufgehangenen Kupferſcheibe ein Hufeiſenmagnet mit aufwärts gerichteten Polen (wie in der Zeichn. 459.) in ſchnelle Drehung verſetzt: ſo theilt ſich dieſe Bewegung der Kupferſcheibe mit. — 4) Ein an dem einen Arme einer Wage vertical hängender und ins Gleichgewicht geſetzter Magnet M (Zeichn. 460.) wird nach aufwärts getrieben, wenn unter ihm eine Kupferſcheibe K in Drehung gebracht wird, mag ſein nach unten gekehrter Pol was

immer für einer ſeyn. — 5) Wird eine Inclinationsnadel ſo geſtellt, daß ſie in einer Verticalebene von Oſt nach Weſt beweglich iſt: ſo muß ſie (nach §. 968. Zuſ.) die verticale Lage annehmen. Wird nun unter ihr eine Kupferſcheibe in ſchnelle Drehung gebracht: ſo iſt die Wirkung dieſer Drehung verſchieden. Befindet ſich die Nadel nahe über dem Rande der Scheibe, ſo wird ihre Spitze nach außen getrieben; über einer gewiſſen Stelle zwiſchen dem Umfange und dem Mittelpuncte der Scheibe bleibt ſie ruhig; näher am Mittelpuncte wird ſie nach innen abgelenkt; über dem Mittelpuncte bleibt ſie ruhig. Die vier Fälle werden in der Zeichnung 461. angedeutet. — 6) Nicht Kupfer allein, ſondern auch andere Körper bringen ähnliche Wirkungen hervor. Auf eine ſchwingende Magnetnadel ſcheint jeder Körper einen Einfluß zu haben, nähmlich (außer den verſchiedenen Metallen) auch Waſſer, Glas, Holz ꝛc. — Daß übrigens zu bequemer Anſtellung von dergleichen Verſuchen ein ſchicklicher Apparat erfordert werde, verſteht ſich von ſelbſt.

Man ſchloß daraus, daß wahrſcheinlich in allen Körpern die magnetiſche Thätigkeit erreget werden könne. Auch laſſen ſich die Erſcheinungen 1, 2, 3 durch eine vorübergehende Magnetiſirung derjenigen Stellen der Scheibe, die in jedem Augenblicke dem Magnete am meiſten genähert werden, allerdings erklären: nicht ſo einfach erklärbar ſind aber die Erſcheinungen 4 und 5. Alle ſcheinen Wirkungen electriſcher Ströme zu ſeyn, welche ein Magnet in ſeiner Nähe erregt, von denen aber erſt ſpäter eigens die Rede ſeyn wird.

Einfacher Apparat zur Anſtellung der Verſuche. Ein ſolcher iſt in der Zeichn. 462. abgebildet. A B C D iſt eine gewöhnliche Glasglocke, die man in H I aufhängen kann, um ſie beliebig ſenken oder heben zu können, e f ein durch die Faſſung gehender Draht, an deſſen Haken f mittelſt eines feinen Seidenfadens f g die Magnetnadel n s aufgehangen iſt, und dann die untere Öffnung der Glocke mit einem am Rande feſtgeklebten Papier geſchloſſen wird. K L M N O iſt eine kleine Schwungmaſchine, an welcher nähmlich die Scheibe p q mittelſt der in der Dille v laufenden Achſe auf irgend eine Art (z. B. mittelſt eines gezähnten Rades) in ſchnelle Drehung verſetzt werden kann. Übrigens kann

die Schwungmaſchine auch eine andere Einrichtung haben. Die zu drehende Scheibe wird auf irgend eine Weiſe an der Scheibe g p befeſtigt. Iſt jene in der Mitte durchbohrt, ſo kann ſie in einen Stift bey i eingeſteckt und angeſchraubt werden. Eben ſo läßt ſich ein Hufeiſenmagnet (für den Verſuch 4) auf verſchiedene Weiſe an der Drehſcheibe p q befeſtigen. Die Verſuche 1 und 3 haben keine Schwierigkeit. Im Verſuche 1 kann die Magnetnadel durch Annäherung eines Magnetes an die Glocke in Schwingung gebracht werden. — Arago hat ſich zu genauen Verſuchen (um die Geſchwindigkeit der Drehung zu beſtimmen) eines zuſammengeſetzten, mit einem Uhrwerk aus Kupfer verſehenen Apparates bedient.

Verſchiedenheit einiger Körper in Beziehung ihres Einfluſſes auf einen oſcillirenden Magnet. Drückt man die Kraft des Kupfers durch 100 aus, ſo geben (Verſuchen zu Folge) die den folgenden Körpern beygeſetzten Zahlen die verhältnißmäßige Größe ihres Einfluſſes: Zink 93, Zinn 46, Bley 25, Antimon 9, Wismuth 2.

Seebeck ließ die Magnetnadel über verſchiedenen Metallplatten ſchwingen, und zählte die Schwingungen, welche vollbracht wurden, bis der Schwingungsbogen von 40° auf 10° ſich verkleinert hatte. Die den Metallen beygeſetzten Zahlen geben die Anzahl der Schwingungen an (wobey aber die Metallplatten nicht von gleicher Dicke waren). Eiſen (0.4 Linie dick) 6, Silber (0.3 L. dick) 55, Kupfer (0.3 L. dick) 62, Meſſing (2 L. dick) 62, Zinn (1 L. dick) 68, Zink (0.5 L. dick) 71, Gold (0.2 L. dick) 89, Bley (0.75 L. dick) 89, Antimon (2 L. dick) 90, Platin (0.4 L. dick) 94, Wismuth (2 L. dick) 106, Queckſilber (2 L. dick) 112. Über einer Marmorplatte endlich war die Schwingungszahl 116. Dieſem nach war der Einfluß des Eiſens der ſtärkſte, der des Queckſilbers der ſchwächſte unter den Metallen. — Auch fand Seebeck, daß der Einfluß der Metallplatten mit der Maſſe derſelben zunehme, doch dieſes eine Gränze habe, über welche die Vermehrung der Maſſe den Einfluß nicht mehr vergrößere. Er ſchichtete bey ſeinen Verſuchen mehrere gleiche Platten über einander, um die Maſſe wachſen zu laſſen.

Arago war der erſte Anſteller von dergleichen Verſuchen, Barlow hatte gleichfalls Rotationsverſuche angeſtellt, ohne von denen des Arago etwas zu wiſſen, und zwar mit eiſernen Kugeln. Spätere Verſuche ſind von Herſchel, Babage, Seebeck ꝛc., angeſtellt worden.

## Dritter Abſchnitt.

### Von den Erſcheinungen des Electro-Magnetismus, der Thermo-Electricität und der Magneto-Electricität.

§. 990. Zuſammenhang der electriſchen und magnetiſchen Thätigkeit. Eine Ähnlichkeit zwiſchen Electricität und Magnetismus ergibt ſich ſchon aus den Hauptgeſetzen beyder Kräfte (§§. 878., 961., 962.); eine Magnetiſirung durch Electricität war gleichfalls längſt bekannt; ein Zuſammenhang beyder Thätigkeiten mithin höchſt wahrſcheinlich. Durch Thatſachen aber, welche erſt in den neueſten Zeiten ſind beobachtet worden, iſt dieſer Zuſammenhang außer allen Zweifel geſetzt. Es ergab ſich nähmlich, daß ein jeder metalliſche Leiter, durch den ein electriſcher Strom hindurchgeht, ſich als ein wahrer Magnet verhält, daß ein electriſcher Strom auf einen andern eben ſo wirket, wie auf einen Magnet, daß ein Magnet auf einen electriſchen Strom ſo wirkt, wie ein electriſcher Strom, daß endlich ein Magnet ſogar electriſche Ströme, und mithin electriſche Wirkungen herbeyführt. Es ſollen hier vor allen andern zwey Thatſachen angegeben werden, welche als unläugbar daſtehen, um aus ihnen alles Übrige abzuleiten. — Den Zuſammenhang der beyden Thätigkeiten nennt man, in wie fern die Electricität magnetiſche Erſcheinungen bewirkt, Electro-Magnetismus, in wie fern durch einen Magnet eine electriſche Erſcheinung hervorgehet, Magneto-Electricität. In wie fern endlich durch Wärme ein electriſcher Strom veranlaßt wird, der ſich durch Einwirkung auf die Magnetnadel offenbart, nennt man die dadurch bewirkten Erſcheinungen Thermo-Electricität oder auch Thermo-Magnetismus.

§. 991. Unter Richtung des electriſchen Stromes wird in der Folge immer verſtanden die Richtung, welche das +E in einem Schließungsdrahte nimmt. Bey einer einfachen electromotoriſchen Kette (z. B. bey dem Elemente, welches in der Zeichn. 409. abgebildet iſt) geht der Strom durch den Draht, welcher die Kupferplatte mit der Zinkplatte verbindet, vom Kupfer zum Zink. Wird aber eine Volta'ſche Säule angewendet: ſo geht der Strom durch den beyde Pole verbindenden Draht vom Zinkpole zu dem Kupferpole, wie von ſelbſt einleuchtet. Übrigens genügt zu den meiſten der nachfolgenden Verſuche eine einfache Kette von hinreichender Größe der Platten; manche gelingen ſchon gut bey Platten von der Fläche eines Quadratfußes, und vorzüglich eignet ſich dazu das eben erwähnte Element. Manche dagegen erfordern einen Strom von größerer Stärke.

Daß man nach der Vorſtellungsweiſe der Dualiſten ſich immer zwey entgegengeſetzte Ströme denken müſſe, iſt an ſich klar; indeſſen ſprechen auch die Freunde dieſer Hypotheſe, der Bequemlichkeit wegen, immer nur von dem poſitiven Strome.

### Zwey Hauptthatſachen, und eine Vorſtellungsweiſe über deren Zuſammenhang.

§. 992. Erſte Hauptthatſache: Gegenſeitige Wirkung zweyer Leitungsdrähte auf einander, durch deren jeden ein electriſcher Strom hindurch gehet. Dieſe Leitungsdrähte zeigen ſich wechſelſeitig einander anziehend oder abſtoßend. Das erſte findet Statt, wenn die Richtungen beyder Ströme gleichlaufend ſind; das zweyte, wenn ſie einander entgegengeſetzt ſind. Beyde Ströme ſuchen ſich nähmlich in eine und dieſelbe Lage zu verſetzen. Um darüber Verſuche anzuſtellen, muß wenigſtens einer der Leitungsdrähte ſehr leicht beweglich ſeyn.

Apparat zu Verſuchen darüber. Ein ſolcher iſt in der Zeichnung 463. abgebildet. An dem Geſtelle G befindet ſich der Draht a b c d, der mit den Pfännchen p, p verſehen iſt, worein einige

Tropfen Queckſilber gethan und die Polardrähte der Säule eingelegt werden, um den electriſchen Strom nach einer von den Richtungen a b oder b a zu leiten. An dem Geſtelle g befindet ſich der leicht bewegliche Draht l m n o. Er iſt dadurch ſehr leicht beweglich, weil er an zwei feinen Stiftchen in den Pfännchen r s ruht, worein gleichfalls etwas Queckſilber gethan wird, und mittelſt der Kugeln k, k ſein Gewicht ſo abgeglichen iſt, daß er an und für ſich in jeder Lage ruhig bleibt. Um durch ihn den electriſchen Strom zu leiten, dienen die Zuleitungsdrähte z z, die gleichfalls mit Pfännchen verſehen ſind, in welche ebenfalls Queckſilber gethan und die Polardrähte der Säule verſenkt werden. Der Gebrauch des Apparates bey wirklicher Anſtellung der Verſuche ergibt ſich aus dieſen Angaben von ſelbſt. Es wird dazu ein ſtarker Strom erfordert.

Nähere und allgemeinere Beſtimmung der Richtungen der wechſelſeitig auf einander wirkenden Ströme. Beyde Ströme wirken immer ſo auf einander, daß ſie ſich (wie bereits oben iſt erwähnt worden) in eine und dieſelbe Lage zu verſetzen ſuchen. Daraus folgt, daß zwey Ströme, deren Richtungen einen Winkel machen, gleichfalls einander entweder anziehen oder abſtoßen werden, und zwar das erſte, wenn beyde ſich von dem Scheitel des Winkels entfernen oder ſich ihm nähern; das zweyte, wenn die Richtung des einen von dieſem Winkel weg, die andere nach ihm zugekehrt iſt. So ſind die in der Zeichn. 464. durch Pfeile angedeuteten Ströme einander anziehend, die in der Zeichnung 465. angedeuteten einander abſtoßend. Die erſteren erhalten durch die Verkleinerung des Winkels die parallele, die letzteren die entgegengeſetzte Lage. In den Strömen a b und c d (Zeichn. 466.) ſind die Stromtheile a m und c m, und eben ſo die Stromtheile m b und m d einander anziehend; einander abſtoßend dagegen ſind die Stromtheile a m und m d, dann m b und c m.

§. 993. Zweyte Hauptthatſache: Einwirkung des electriſchen Stromes auf die Magnetnadel. Der electriſche Strom ſuchet nähmlich die ihm genäherte Magnetnadel ſenkrecht auf ſeine Richtung zu ſtellen, und ſo, daß der Nordpol der unter ihm befindlichen Nadel links gewendet wird. Was unter der Richtung des Stromes verſtanden werde, iſt bereits im §. 991. geſagt worden; um aber die angegebene Wendung der Magnetnadel für alle Fälle verſtändlich zu machen, iſt es nöthig, noch einige Worte beyzufügen. Man denke ſich nähmlich den electriſchen

Strom von unten nach oben gehend, und denke ſich ſelbſt als Zuſeher inmitten des Stromes, oder in der Achſe des durchſtrömten Schließungsdrahtes. Dann muß, wenn jene Lage der Magnetnadel Statt haben ſoll, ihre Nordſpitze links, ihre Südſpitze rechts ſtehen. Leicht iſt es, das Geſagte auf einen horizontalen Schließungsdraht zu übertragen; man braucht nur den früher vertical gedachten Draht in Gedanken horizontal zu legen, und es ergibt ſich dann von ſelbſt die Stellung der genäherten Magnetnadel, mag dieſe übrigens unter oder über dem Drahte oder ſeitwärts ſich befinden. In dem erſten Falle ſieht der in dem electriſchen Strome gedachte Beobachter hinab, in dem zweyten Falle hinauf, in dem dritten nach der Seite hin; in Beziehung auf ihn ſteht die Nordpolſpitze immer links. — Der Verſuch aber über dieſe Einwirkung iſt folgender. Man verbinde die Kupferplatte einer electriſchen Kette (z. B. des in der Z. 409. abgebildeten Elementes) mit der Zinkplatte desſelben mittelſt eines Metalldrahtes, den man mehrmahls umgebogen hat, wie es die Zeichn. 467. anzeigt, in welcher a b c d e f in einer horizontalen Ebene gedacht wird, laſſe den electriſchen Strom von a nach b, c, d, e, f gehen, wie es durch die Pfeile angezeigt iſt, und ſtelle den ganzen Apparat ſo, daß a b in den magnetiſchen Meridian zu liegen komme. Man halte nun unter dem Drahte an beliebigen Stellen die Magnetnadel: ſo wird ſie immer die Lage annehmen, daß ſie (wenn der Strom ſtark iſt) mit dem Drahte beynahe einen rechten Winkel macht, und ſich ſo ſtellt, wie es in derſelben Zeichnung angedeutet iſt, wo immer n den Nordpol der Nadel, s ihren Südpol anzeigt. Der Draht kann übrigens auch auf andere Art (z. B. in einen Ring) gebogen ſeyn; auch hier wird ſich die Nadel immer ſo ſtellen, daß der nach jener Gegend, nach welcher der Strom hingeht, gewendete und von oben hinabſehende Beobachter immer die Nordſpitze der Nadel links ſieht. — Wird dagegen die Magnetnadel über den Schließungsdraht gehalten, ſo nimmt ſie an jeder Stelle die entgegengeſetzte Lage von derjenigen, welche ſie unter dem Drahte angenommen hatte. — Hält man eine um ihre horizontale Achſe bewegliche Nadel neben den horizontalen Schließungsdraht: ſo

ſtellt ſie ſich vertical, und zwar ſo, wie in der Zeichn. 468., wo der Kreis C den Durchſchnitt des Drahtes vorſtellt, und n s die jedesmahlige Lage der Nadel, unter, über und neben dem Schließungsdrahte. In der Zeichn. 469. iſt die Anwendung des Apparates eigens abgebildet. — Es iſt übrigens nicht gerade nothwendig, daß der Apparat eine beſtimmte Lage in Beziehung auf den magnetiſchen Meridian habe; denn die erwähnte Stellung der Nadel gegen die Drähte hat immer Statt: doch iſt die angegebene Lage gut, um bey der Beobachtung der Erſcheinung auch die Weltgegend, nach welcher in jedem der Falle die Nordſpitze der Nadel hinzeigt, gleich beſtimmen zu können.

Dieſe Einwirkung des electriſchen Stromes auf die Magnetnadel iſt zuerſt von Oerſted in Kopenhagen im J. 1820 beobachtet worden.

Aus dem Vorigen iſt erſichtlich, daß der electriſche Strom die Magnetnadel unter einem rechten Winkel gegen ſeine Richtung zu ſtellen ſtrebe. Da aber zugleich der Erdmagnetismus auf ſie wirkſam iſt: ſo wird dieſer Winkel bey einem ſehr ſtarken Strome zwar allerdings beynahe ein rechter ſeyn, bey einem ſchwachen Strome aber wird die jedesmahlige Ablenkung der Nadel von ihrer natürlichen Lage deſto weniger betragen, je ſchwächer der Strom iſt.

Verhältniß der Ablenkungswinkel, die durch Ströme von verſchiedener Stärke bewirkt werden. — Sind dieſe Winkel klein, obgleich unter einander verſchieden: ſo kann man ohne Fehler die ablenkenden Kräfte den Winkeln proportional nehmen; eigentlich aber verhalten ſich dieſe Kräfte wie die Tangenten der Ablenkungswinkel. Um dieſes einzuſehen, ſey die horizontale Linie s n (Zeichn. 470.) der magnetiſche Meridian. Es ſollte mithin die Magnetnadel ohne Wirkung des Stromes die Lage s n haben. Geht der electriſche Strom in der Richtung s n: ſo ſollte bloß durch denſelben die Nordſpitze der unter dem Strome ſich befindenden Nadel unter einem rechten Winkel abweichen. Geſetzt nun, die Nadel nehme die Stellung a b an: ſo liegt dieſe in der Diagonale c b des Parallelogrammes c d b e; und es verhält ſich M (die horizontale Kraft des Erdmagnetismus) zu E (der ablenkenden Kraft des electriſchen Stromes), $M : E = cd : db = \cos. bcd : \sin bcd$, mithin iſt $E = M \frac{\sin. bcd}{\cos. bcd} = \tan g.\ bcd$.

Bedient man ſich bey derley Verſuchen einer aſtatiſchen Magnetnadel: ſo hat die ablenkende Kraft nicht mehr den Erdmagnetismus zu beſiegen; ſie hat bloß die Maſſe der Nadel zu bewegen und die Reibung zu überwinden.

§. 994. Verſtärkung der Einwirkung des electriſchen Stromes auf die Magnetnadel. Multiplicatoren. — Wirket ein electriſcher Strom mit einer gewiſſen Stärke auf die Magnetnadel: ſo wird dieſe Wirkung offenbar verdoppelt, verdreyfacht ꝛc., wenn er veranlaßt wird, zweymahl, dreymahl, zehnmahl ꝛc. auf die Nadel einzuwirken. Dieſe Vervielfachung der Wirkung wird erreicht, wenn man einem langen Schließungsdrahte, welcher der Iſolirung wegen mit Seide umſponnen iſt, viele Windungen gibt, etwa in Geſtalt eines länglich zuſammengedrückten Ringes, wie es die Zeichn. 471. andeutet, und die Magnetnadel dann dazwiſchen ſtellt. Wenn der electriſche Strom hier von k nach z geleitet wird, ſo hat er in jedem oberen Drahttheile die Richtung a b, in jedem untern die Richtung c d; es wirken jene und dieſe vervielfachten Ströme auf dieſelbe Nadel, um ſie nach derſelben Gegend abzulenken, wie aus dem Vorigen (§. 963.) begreiflich iſt, wenn man bedenkt, daß zwar die obern Ströme den untern entgegengeſetzt ſind, jene aber auf eine unter ihnen befindliche Nadel wirken, dieſe auf eine über ihnen befindliche. Einen auf ähnliche Art gewundenen Schließungsdraht nennt man Multiplicator auch Galvanometer. Der einfachſte iſt in der Z. 472. abgebildet. Er heißt von Schweigger, der ihn zuerſt angegeben hat, der Schweigger'ſche.

Noch wirkſamer zeigt ſich dieſer Apparat, wenn die Windungen zwey Schleifen oder längliche Ringe bilden, ſo aber, daß die Ströme in der untern Schleife die entgegengeſetzte Richtung mit den Strömen der obern Schleife haben, und auf eine aſtatiſche Doppelnadel wirken, wie in der Zeichn. 473. Dieſe Einrichtung iſt von Nobili. Die erwähnte Doppelnadel beſteht nach §. 969. aus den Nadeln s n und n s, welche mittelſt eines Strohhalmes h h ſo verbunden ſind, daß ihre freundſchaftlichen Pole über einander ſich befinden. Der Strohhalm wird durch die in den Windungen gelaſſenen Öffnungen durchgeſteckt und an einen ungedrehten Seidenfaden aufgehangen. Wird an das eine Drahtende a ein kleines Kupferſcheibchen, an das an-

dere b ein Zinkſcheibchen gelöthet, ſo wird ſchon eine bedeutende Abweichung der Magnetnadel bewirkt, ſobald beyde genannten Metallſcheiben mittelſt einer dazwiſchen gelegten naſſen Scheibe aus Fließpapier verbunden werden.

Marianini's Multiplicator hat den Zweck, die Stärke eines electriſchen Stromes zu meſſen. Er iſt in der Zeichn. 474. abgebildet. In einer meſſingenen Büchſe, die ſich durch die Stellſchrauben s, s, s horizontal ſtellen läßt, befindet ſich ein meſſingener Rahmen a b c d. Um die gebogenen Theile b c und a d desſelben iſt der mit Seide überſponnene Draht fächerförmig gewunden, ſo daß die Windungen ſich in dem Mittelpuncte m kreuzen, und die Enden des Drahtes in k und z durch Klemmſchrauben befeſtigt werden. Das eine gerade Stück des Rahmes trägt an einem Stänglein einen in Grade getheilten Kreisbogen, das andere die Spitze, auf welche die Magnetnadel mit ihrem Achathütchen gelegt wird. Mit der Magnetnadel iſt rechtwinkelig ein ſehr feines Stäbchen (eine Borſte) als Zeiger für den Gradbogen verbunden. Die Büchſe hat übrigens einen Durchmeſſer von etwa 7 bis 8 Zoll, eine Höhe von etwa $1\frac{1}{2}$ Zoll, und wird mit einer Glastafel bedeckt.

§. 995. Anwendungen der Ablenkung der Magnetnadel, beſonders mit Beyhülfe des Multiplicators. Es ſind folgende:

1) Beſtimmung der Richtung eines electriſchen Stromes. Daraus, daß die Nordſpitze einer unter den Strom gehaltenen Nadel links abgelenkt wird (§. 994.), ergibt ſich dieſe Beſtimmung von ſelbſt.

2) Beſtimmung der Stärke eines electriſchen Stromes. Dieſe wird am einfachſten erhalten aus der Größe des Ablenkungswinkels (§. 994. Zuſ.). Auch läßt ſich die Anzahl der in einer gewiſſen Zeit vollendeten Schwingungen dazu benützen, wie bey der Beſtimmung der Stärke eines Magnetes; nur muß man ſich einer aſtatiſchen Nadel dazu bedienen, um auf den Erdmagnetismus nicht Rückſicht nehmen zu müſſen; oder man leitet den Strom von Oſt nach Weſt, dann ſtellt ſich die Nadel, wie ſie auch durch den Erdmagnetismus ſich geſtellt hätte, macht aber durch vereinte Wirkung mehr Schwingungen, als ſie bloß

durch den Erdmagnetismus machen würde. — Selbſt die Dreh-wage (§. 973.) läßt ſich hierbey in Anwendung bringen.

3) Entdeckung ſchwacher electriſcher Ströme. Die Magnetnadel iſt, beſonders mit Hülfe des Multiplicators, das empfindlichſte Electroſcop. Man hat auch auf dieſe Weiſe electriſche Ströme in vielen Fällen aufgefunden, welche auf eine andere bekannte Weiſe wohl nie zur Wahrnehmung gekommen wären.

4) Mittelbare Vergleichung der Leitungsfähigkeit verſchiedener Körper. Wird nähmlich ein Körper zur Schließung einer electriſchen Kette oder der Volta'ſchen Säule verwendet: ſo muß der electriſche Strom, je weniger Widerſtand er zu überwinden hat, je beſſer leitend alſo der Körper iſt, deſto leichter durch ihn gehen, und deſto ſtärker auf die Magnetnadel wirken. Wird mithin der ſo angewendete Leiter durch einen Multiplicator unterbrochen: ſo offenbart ſich auch ein ſchwacher Strom, aber auch dieſer lenkt die Magnetnadel deſto mehr ab, je ſtärker er iſt.

Einige merkwürdige Reſultate:

1) In Beziehung auf die Richtung des electriſchen Stromes. — Wenn ein Leiter A mit einem Leiter B und einem feuchten Leiter f eine Kette bildet, indem A mit B durch einen Schließungsdraht verbunden wird: ſo geht der poſitive Strom entweder von A nach B oder umgekehrt. Dieſes erfährt man am leichteſten durch die Ablenkung der Nadel. Eben ſo läßt ſich B mit C, C mit D u. ſ. w. verbinden. Man erfährt mithin, welcher von dieſen Leitern in Beziehung auf den zweyten, dritten ꝛc. der electro-poſitive oder electro-negative iſt, und ſo hat man denn auch auf dieſe Weiſe Spannungsreihen erhalten, wie bereits im §. 917. Zuſ. erwähnt und eine ſo aufgefundene Spannungsreihe angeführt worden iſt.

2) In Beziehung auf die Stärke des electriſchen Stromes. — Außer den bereits im §. 920. angeführten Umſtänden, welche die Stärke dieſer Ströme beſtimmen, iſt noch zu bemerken: daß die Maſſe der feſten Erreger hier ohne Einfluß ſey; — daß die Stärke des Stromes zunehme, wenn der negative Erreger eine größere Oberfläche hat als der poſitive (daher die im §. 923. 3. angeführte Verdoppelung der Kupferplatten); — daß auch der Zuſtand der Oberflächen der feſten Erreger nicht gleichgültig ſey, in-

dem der Strom am ſchwächſten wird, wenn die Kupferplatte geglättet iſt, ſtärker, wenn ſie bloß eben iſt, noch ſtärker, wenn ſie rauh gefeilt oder gefurcht iſt, noch ſtärker, wenn ſie durchlöchert iſt; — daß der Strom ſtärker ſey bey paraller als bey geneigter Stellung der Platten; — daß die Stärke mit der Plattenzahl einer Säule zunehme, ihr aber nicht proportional ſey, ſondern in einem weit kleineren Verhältniſſe wachſe (was auch mit §. 938. Zuſ. übereinſtimmt); — daß die Änderungen, die der electriſche Strom in den trocknen und feuchten Leitern der Säule hervorbringt, auf ihn eine Rückwirkung äußern, ihn ſogar umkehren können; — daß endlich die Wärme einen bedeutenden Einfluß auf den electriſchen Strom haben könne, und habe (von welchen letztern Umſtänden übrigens noch eigens geſprochen werden ſoll).

3) In Beziehung auf die Leitungsfähigkeit der Körper. — Man hat gefunden, daß ein Draht aus demſelben Metalle deſto beſſer leite, je größer ſein Querſchnitt und je kleiner ſeine Länge iſt, daß er durch Erwärmung an Leitungsfähigkeit abnehme, daß ein Metall ein bey weitem beſſerer Leiter ſey, als die am beſten leitende Flüſſigkeit, daß endlich überhaupt jeder Leiter eine ſtärkere Electricität beſſer leite als eine ſchwächere. — In folgenden verſchiedenen Metallen iſt das Leitungsvermögen (nach Becquerel) durch Zahlen ausgedrückt: Kupfer = 100; Gold = 93.60; Silber = 73.60; Zink = 28.50; Platin = 16.40: Eiſen = 15.80; Zinn = 15.50; Bley = 8.30; Queckſilber = 3.45; Kalium = 1.33. — — Eine ähnliche Zuſammenſtellung verſchiedener flüſſigen Leiter iſt bereits angeführt im §. 920. Zuſ.

Gelegenheitliche Überſicht anderer Methoden die Leitungsfähigkeit der Metalle zu beſtimmen. — Ein Metall nahm man für deſto beſſer leitend, je kürzer ein daraus verfertigter Draht von beſtimmter Dicke ſeyn muß, um durch einen electriſchen Strom von beſtimmter Stärke erhitzt und zum Glühen gebracht zu werden; dann je mehr die Spannung einer Volta'ſchen Säule ſich vermindert, wenn ein Draht aus dem fraglichen Metalle zur Schließung verwendet wird.

Gleichfalls gelegenheitlich ſoll hier noch gemeldet werden, daß Erman mehrere Körper kennen gelernt hat, die ihm nur als Leiter für die Electricität des einen oder des andern Poles der Säule erſchienen ſind. Er nannte ſie daher unipolare Leiter, nähmlich bloß für den negativen Pol (wie z. B. trockene Seife), oder bloß für den poſitiven (z. B. Flammen von mehreren Körpern). Ohm hat durch

Verſuche wahrſcheinlich gemacht, daß die ſchnellere Ableitung der Electricität des einen oder des andern Poles von der Entſtehung eines neuen Stoffes abhänge, der bloß an dem einen oder dem andern Pole durch die Einwirkung des letzteren ſich bilde. (Schw. Journal. LIX. 385.)

§. 996. Zuſammenfaſſung der zwey Hauptthatſachen. Wenn wir bedenken, daß zwey nahe electriſche Ströme gleichlaufend zu werden ſtreben (nach §. 962.); dann, daß eine dem von der Electricität durchſtrömten Schließungsdrahte nahe Magnetnadel ſich unter einem rechten Winkel zu ſtellen ſucht (nach §. 992.): ſo iſt die zweyte Erſcheinung gerade ſo, wie ſie es ſeyn müßte, wenn auch um die Nadel ein electriſcher Strom in einem Kreiſe herum ginge. Denn alsdann müßte derjenige Theil dieſes Stromes, welcher dem Schließungsdrahte der nächſte wäre, mit dem Strome in dem Drahte parallel zu werden ſtreben, welches nur dann erreicht werden kann, wenn die Achſe der Nadel mit dem Drahte einen rechten Winkel bildet. Damit aber die Nadel nicht bloß eine zu dem Schließungsdrahte rechtwinkelige, ſondern die oben angegebene beſtimmte Lage annehme, iſt ein nach beliebiger Richtung um die Nadel kreiſender Strom nicht hinreichend, ſondern ſeine Richtung muß gleichfalls eine beſtimmte ſeyn, und zwar folgende. Man denke ſich nach der Lage einer horizontal gehaltenen Nadel das Geſicht von ihrem Südpole gegen ihren Nordpol hin gerichtet: ſo muß, um die beſtimmte Stellung der Nadel zu bewirken, der um ſie kreiſende electriſche Strom oben von links nach rechts, dann hinab, dann unten von rechts nach links und endlich hinauf ſeinen Gang nehmen, und ihn auf dieſe Weiſe fortſetzen. Denn nimmt er dieſen Gang: ſo muß ſich die Nadel unter dem Schließungsdrahte ſo ſtellen, daß ihre Nordſpitze links erſcheint, weil nur bey dieſer Lage der über der Nadel befindliche Stromtheil mit dem Strome im Schließungsdrahte gleichlaufend iſt, wie dieſes durch die Zeichn. 475. vielleicht noch deutlicher wird. Es ſey nähmlich der dort verzeichnete Kreis ein Querſchnitt einer cylindriſchen Magnetnadel, a b der Schließungsdraht, und die Pfeile mögen die Richtungen

der electriſchen Ströme andeuten. Da der obere Theil des um die Nadel kreiſenden Stromes hier mit dem Strome im Schließungsdrahte gleichlaufend iſt: ſo wird die Nadel in dieſer Lage ſtehen bleiben; aber eben darum befindet ſich ihre Nordſpitze links für den nach der Richtung a b hinſehenden Beobachter. Setzt man aber die Nadel über den Draht: ſo hat der dem Drahte nächſte Stromtheil die entgegengeſetzte Richtung mit dem Strome in dem Drahte; die Nadel wird ſich daher umkehren, damit die einander nahen Ströme eine nach derſelben Gegend gehende Richtung bekommen, wie dieſes in der Zeichn. 476. zu ſehen iſt. Dasſelbe läßt ſich nun auch auf eine neben dem Schließungsdrahte gehaltene, um eine horizontale Achſe bewegliche Nadel leicht anwenden, wie von ſelbſt einleuchtet.

§. 997. Zurückführung der zweyten Hauptthatſache und aller magnetiſchen Erſcheinungen auf die Einwirkung electriſcher Ströme auf einander. — Die zweyte Thatſache läßt ſich, wie man ſieht, auf die erſte zurückführen, indem ſich die Erſcheinung wirklich ſo verhält, als ob die Magnetnadel von electriſchen Strömen umkreiſet würde. Aber auch jede Beziehung der Magnete unter einander, und eben ſo die Einwirkung der Erde, als eines großen Magnetes, auf die Magnetnadel läßt ſich auf dieſe Weiſe darſtellen, wenn man auch um die Erde einen electriſchen Strom ſich denkt, welcher ſie immerfort in der Richtung von Oſt nach Weſt umkreiſet, mithin in derſelben Richtung, in welcher ſcheinbar die Sonne um die Erde ſich bewegt, und in welcher wirklich die Einwirkungen der Sonne auf die Erde von Punct zu Punct einander folgen. In derſelben Richtung muß man ſich (nach §. 996.) auch jeden Magnet von electriſchen Strömen umkreiſet denken (oben nähmlich von Oſt nach Weſt, mithin unten von Weſt nach Oſt), vorausgeſetzt, daß ſeine mit den Polen der Erde eigentlich gleichnahmigen Pole dieſelbe Lage haben, daß nähmlich derjenige Magnetpol, der bey freyer Bewegung des Magnetes nach Süden ſich wendet, nach Norden gekehrt gehalten wird. Er wird zwar eben in Folge ſeines Strebens

nach Süden (nach §. 959.) **Südpol** genannt, ſollte aber gerade darum, weil nur **ungleichnahmige** Pole einander anziehen (§. 961.), **Nordpol** heißen, wie bereits im §. 959. iſt erinnert worden. Wird nun dieſer eigentliche Nordpol der Magnetſtange (gewöhnlich Südpol genannt) gegen Norden gekehrt gehalten, und kreiſen electriſche Ströme um die Stange eben ſo wie um die Erde (oben von Oſt nach Weſt, unten von Weſt nach Oſt): ſo hat der **untere Theil** des um den Magnet kreiſenden Stromes gegen den um die Erde gehenden eine **entgegengeſetzte** Richtung, wie aus der Z. 477. erſichtlich iſt, in welcher E den Durchſchnitt der Erde, M den Durchſchnitt der Magnetſtange darſtellt, durch die Richtung der Pfeile aber die Richtung der Ströme angedeutet wird. Sollen nun die Ströme in s s gleichlaufend werden: ſo muß der Magnet ſich umwenden, und kann nur in der entgegengeſetzten Lage ruhen, worin der untere Theil ſeines Stromes mit dem um die Erde kreiſenden gleichlaufend iſt, wie dieſes in der Zeichn 478. angedeutet wird. Aber eben darum gehet jetzt der um den Magnet gehende Strom, **als Ganzes** genommen, in einer entgegengeſetzten Richtung (nähmlich oben von Weſt nach Oſt, unten von Oſt nach Weſt). Und ſo iſt mithin ſein dem Weſen nach **ungleichnahmiger** Pol, ſein eigentlicher **Südpol** nach Norden gewendet, den man übrigens wegen ſeines Strebens nach Norden hin **Nordpol** zu nennen pflegt.

Auf dieſelbe Weiſe müſſen auch die **gleichnahmigen Pole** zweyer einander nahen **Magnete** ſich gegenſeitig abſtoßen, die **ungleichnahmigen** aber **anziehen**. Denn liegen die gleichnahmigen Pole nach derſelben Gegend gewendet: ſo geſchieht die Umkreiſung beyder Magnete nach derſelben Richtung, wie es die Zeichn. 479. andeutet, in welcher durch M und m die Durchſchnitte zweyer Magnete vorgeſtellt werden. Aber eben darum haben die einander nächſten Theile ihrer Ströme eine entgegengeſetzte Richtung und ſtoßen einander ab; die Magnete müſſen daher ſich wenden und können nur in einer ſolchen Lage ruhig bleiben, bey welcher die einander nächſten Stromtheile gleichlaufend ſind, wie in der Zeichn. 480. Dann haben aber die Pole des

einen Magnetes die umgekehrte Lage bezüglich auf die Pole des andern.

Noch muß bemerket werden, daß man bey dieſer Vorſtellungsweiſe eigentlich um ein jedes Theilchen des Magnetes einen electriſchen Strom ſich denke, weil bey Theilung eines Magnetes jedes beliebige Stück desſelben (nach §. 964.) als ein ganzer Magnet mit zwey Polen erſcheint. Doch ändert dieſes nichts Weſentliches in der Vorſtellung; denn die Geſammtheit aller Strömungen kann dasſelbe Reſultat geben, als wenn die Ströme concentriſch um die Achſe des Magnetes herumliefen. Es ſtelle nähmlich die Zeichn. 481. den Durchſchnitt eines cylindriſchen Magnetes vor, die kleinen Kreiſe mögen die Ströme um die Theilchen der Oberfläche, die Pfeile endlich die Richtung ihrer Bewegung andeuten. Man ſieht, daß die Geſammtheit aller Elementarſtröme um den Mittelpunct c des Ringes a b d, dieſelbe Wirkung nach außen haben müßte, als ob ein Strom in der Richtung a b d Statt fände. Dasſelbe aber wird von jedem näher nach innen gedachten Ringe gelten.

§. 998. Hypotheſen. Die in dem Vorigen angegebene verſinnlichende Anſicht der Erſcheinungen iſt eine hypothetiſche. Das Vorhandenſeyn eines electriſchen Stromes im Sinne des §. 873. iſt zwar eine Thatſache, und eben ſo die Einwirkung eines electriſchen Stromes auf den andern. Hypothetiſch aber wird angenommen der die Erde umkreiſende, durch die Einwirkung der Sonne (oder vielleicht auch anderer Himmelskörper) hervorgerufene electriſche Strom, dann diejenigen electriſchen Ströme, die man um jeden Magnet ſich vorſtellt.

Dieſe Hypotheſe iſt von Ampere aufgeſtellt und ausgebildet worden. Sie ſchließt ſich ſehr gut den Thatſachen an, ſowohl denjenigen, die früher (vor Aufſtellung derſelben) bekannt waren, als denjenigen, die ſelbſt in den neueſten Zeiten ſind beobachtet worden. Man kann außerdem zu ihren Gunſten anführen, daß ſie nicht partiell bloß auf die electromagnetiſchen Erſcheinungen ſich beſchränke, ſondern alle magnetiſchen Erſcheinungen von electriſchen Strömen ableite und mithin zuſammenfaſſend ſey; endlich, daß ſie das Auffaſſen der Erſcheinungen offenbar erleichtere, was man von jeder Hypotheſe als Verſinnlichungsmittel hauptſächlich zu fordern berechtigt iſt.

Andere Hypotheſen. Man nimmt nähmlich an, daß der Schließungsdraht, während der electriſche Strom durch ihn gehet, zu einem Transverſalmagnete werde (§. 981. Zuſ.), in welchem rings herum abwechſelnde Pole vorhanden ſind. Vier ſolcher Pole iſt wohl die geringſte Zahl, die angenommen werden muß, um wenigſtens die Erſcheinung zu erklären, daß eine über dem Drahte gehaltene Magnetnadel die entgegengeſetzte Lage von der unter demſelben befindlichen annimmt, auch, daß gleichlaufende Ströme einander anziehen, entgegengeſetzte aber abſtoßen. Dieſes erläutert die Zeichn. 482. Denn iſt der Kreis der Durchſchnitt eines cylindriſchen Schließungsdrahtes, bedeutet + und — ſeine Pole, die Linie über und die unter dem Kreiſe die Magnetnadel mit ihrem + und — Pole: ſo ergibt ſich von ſelbſt, wie ſie oben und unten ſich ſtellen müſſe. Eben ſo müſſen zwey Drähte, in denen die Ströme gleichlaufend ſind, in denen alſo die Lage der Pole dieſelbe iſt, einander anziehen, weil an ihren genäherten Seiten die ungleichnahmigen Pole einander gegenüber ſtehen, wie es in der Zeichn. 483. erſichtlich iſt, in der die zwey Kreiſe die Durchſchnitte zweyer Leitungsdrähte vorſtellen, mit den an ihnen ſich befindlichen Polaritäten; zwey Leitungsdrähte aber, deren Ströme entgegengeſetzt ſind, müſſen einander abſtoßen, wie aus der Zeichn. 484. abgenommen werden kann. — Dabey entſtehet indeſſen die Frage, warum denn gerade eine gewiſſe Anzahl Pole entſtehen, und warum ſie gerade dieſe beſtimmte Lage gegen einander haben ſollen? Um dieſe Schwierigkeit zu beſeitigen, ließen ſich allenfalls unzählige Pole rings herum annehmen, ſo viel nähmlich als Elementartheilchen in jedem Umkreiſe vorhanden ſind, und dieſe könnten allerdings eine beſtimmte Lage in Beziehung auf die Richtung des Stromes erhalten. Auch bey dieſer Annahme müßte eine über den Draht gehaltene Magnetnadel ſich entgegengeſetzt mit der unteren ſtellen, wie aus der Z. 485. zu erſehen iſt. Allein warum behält die oben gehaltene Nadel ihre Lage, mag der Leitungsdraht um ſeine Achſe wie immer gedreht werden? es kommen ja dann bey der geringſten Wendung andere Pole unter dieſelben Puncte der Nadel. Man kommt hier, wie man ſieht, mit keiner noch ſo großen Anzahl von wirklich hervorgerufenen Polen aus. Auch ließe ſich daraus wohl keine Rotationsbewegung herleiten; bey was immer für einer Stellung des Magnetes gegen den Draht müßte ſich ein Gleichgewichtszuſtand ergeben. Eine ganz andere Geſtalt gewinnt die Sache, wenn man ſich gar keine bleibenden Pole denkt, ſondern ſich vorſtellet, daß der electriſche Strom in dem Leitungsdrahte eine Polarität nach einer Richtung zu erzeugen ſtrebt,

welche aber niemahls wirklich als bleibend zu Stande kommt. — Unter die Phyſiker, die den Leitungsdraht als einen Transverſalmagnet angenommen hatten (die aber in der Beſtimmung der Anzahl der Pole nicht dieſelbe Meinung hegen, einige derſelben auch ihre frühere Anſicht geändert haben), gehören: Prechtl, Schmidt, v. Althaus, Davy, Berzelius, Seebeck, Pohl, Munke, welche drey letzteren keine fixen Pole annehmen.

## Abgeleitete Erſcheinungen.

§. 999. Mit den zwey Hauptthatſachen ſtehen eine Menge Erſcheinungen in Verbindung, und laſſen ſich zurückführen auf das Beſtreben eines electriſchen Stromes, in ſeiner Nähe gleichfalls Ströme zu erregen, einen vorhandenen aber mit ſich gleichlaufend zu machen.

§. 1000. Wirkung eines electriſchen Stromes auf den Magnet und auf nicht magnetiſches Eiſen. Die erſte Wirkung iſt bereits als eine der Hauptthatſachen angeführt worden. Die zweyte beſteht in der Mittheilung des Magnetismus, und mithin mittelbar in der Anziehung eines dem Strome genäherten Eiſens. Bleibender Magnetismus wird in einer Stahlnadel bewirkt, wenn der electriſche Strom ſo an ihr vorbeygeführt wird, daß ſeine Richtung mit der Nadel einen rechten Winkel bildet. Die Wirkung iſt deſto größer, je öfter dieſe Vorbeyführung Statt findet. Daher iſt ſie ſchon bedeutend, wenn der Schließungsdraht ſo gewunden wird, daß er eine hohle Schraube bildet, deren Windungen einander aber nicht berühren, ſo wie in der Zeichn. 486. In dieſe Schraube wird die Stahlnadel (entweder frey oder in einer Glasröhre) geſteckt. Sie wird, wenn ſie wieder herausgenommen wird, bleibend magnetiſch befunden. — Der Schließungsdraht zieht unmagnetiſches Eiſen an. Nähert man nähmlich demſelben Eiſenfeilſpäne: ſo begeben ſie ſich ſchon aus einiger Entfernung an ihn, hängen ſich an, fallen aber ſogleich ab, ſobald die Schließung aufgehoben wird. Dieſer Verſuch erfordert einen ſtarken electriſchen Strom.

An welchem Ende einer Stahlnadel der Nordpol erſcheine, hängt ab von der Richtung der Windungen. Sieht man nähmlich in der Richtung der horizontalen Schraube nach der Gegend hin, nach welcher das + E hinſtrömt und wölbt ſich die erſte Windung der Schraube oben von links nach rechts: ſo nennt man ſie eine rechts gewundene, wie a b in der Zeichn. 486., wo der Pfeil die Richtung des electriſchen Stromes andeutet, in dem entgegengeſetzten Falle eine links gewundene. In der erſteren erhält die Stahlnadel bey a den Nordpol, bey b den Südpol; die umgekehrte Lage haben die Pole in der zweyten.

Äußerſt auffallend iſt die Hervorrufung des Magnetismus im folgenden Verſuche. Um ein hufeiſenförmig gebogenes weiches Eiſenſtück (Z. 488.), welches überfirnißt oder mit einem Seidenbande umwunden iſt, wird ein etwa eine Linie dicker Kupferdraht ſchraubenförmig gewunden. Werden dann die beyden Enden des Drahtes mit den Polen eines mäßigen Apparates in Verbindung gebracht: ſo wird ein Anker (wie der bey einem Hufeiſenmagnete) mit einer ſolchen Kraft angezogen, daß er eine bedeutende Laſt tragen kann. Sobald aber die Kette geöffnet wird: hört dieſe Anziehung auf. Es kommt bey dieſem Verſuche auf die Menge der Windungen und auf die Dicke des Drahtes an. Iſt bey dem Verſuche das Eiſen vollkommen weich: ſo verliert es bey Beſeitigung des Stromes allen Magnetismus. Iſt es hart: ſo behält es ihn zum Theil. Man kann mithin die durch den electriſchen Strom im Eiſen erregte magnetiſche Kraft auch dazu benützen, dem Stahl einen ſtarken Magnetismus zu ertheilen. Dr. Gromann in Wien erhielt auf dieſe Weiſe einen äußerſt ſtarken Hufeiſenmagnet. (Zeitſchrift für Phyſik. Bd. II. S. 187.)

Ein merkwürdiger Verſuch. Wird der Leitungsdraht durch einen ringförmigen Stahldraht hindurchgeführt: ſo zeigt der Ring keinen Magnetismus. Theilt man ihn aber: ſo hat jeder Theil ſeine Pole.

Kreiſende Bewegung der Pole eines Magnets um den Schließungsdraht. Dieſe merkwürdige Bewegung läßt ſich hervorbringen in einem Gefäße, welches (wie das in der Zeichnung 488. abgebildete) mit einem Metallringe r a verſehen iſt. Bis an dieſen Ring wird Queckſilber eingefüllt, und dieſes mit beyden Polen der Säule verbunden (mit dem einen Pole mittelſt des Ringes und des ſeitwärts von dieſem ausgehenden Drahtes d, mit

dem andern Pole mittelſt eines in's Queckſilber getauchten Drahtes d'). Nun entſteht der electriſche Strom zwiſchen dem eingetauchten Drahte d und dem Ringe r. Wird in dasſelbe Queckſilber ein Magnetſtab m verſenkt, nachdem man ihn früher mit einer Platinmaſſe p verbunden hat, damit er in verticaler Stellung ſchwimme: ſo bewegt ſich der Magnet um den Polardraht d'. — Der Magnet will ſich nähmlich unter einem rechten Winkel gegen den Leitungsdraht ſtellen, wozu es bey dieſer Anordnung des Ganzen nicht kommen kann; daher bewirkt dieſes in jedem Augenblicke Statt findende Streben die Rotirung. Es verſteht ſich von ſelbſt, daß bey umgekehrter Lage der Pole die Richtung der Rotirung der vorigen entgegengeſetzt ſeyn muß; und eben ſo, wenn bey bleibender Lage der Pole die Richtung des electriſchen Stromes eine entgegengeſetzte iſt.

§. 1001. **Wirkung eines Magnetes auf einen beweglichen Schließungsdraht.** — Sie iſt die umgekehrte von der Vorigen (§. 1000.), und läßt ſich leicht mittelſt des in der Zeichn. 489. abgebildeten kleinen Apparates beobachten. Z iſt ein Zinkſtreifen, K ein Kupferſtreifen, welche beyde neben einander durch eine Korkſcheibe s geſteckt, und über derſelben mit einander durch Zuſammenlöthung verbunden ſind. Dieſer Apparat wird auf ein mit etwas Salzſäure verſetztes Waſſer geſetzt. Sogleich zeigt ſich eine Gasentwickelung, der electriſche Strom nimmt den Weg k a z. Wird nun ein Magnetſtab horizontal mit dem Nordpole gegen den Mittelpunct o des Halbringes und ſo gehalten, daß K links und Z rechts zu ſtehen kommt: ſo wird der Ring angezogen, und ſchiebt ſich bis an die Mitte des Magnetſtabes. Die electriſchen Ströme haben nähmlich in dieſem Falle eine und dieſelbe Richtung. Bey Näherung des Südpoles wird der Ring abgeſtoßen.

Kreiſende Bewegung eines beweglichen Polardrahtes um den Magnet. Es iſt dieſes die umgekehrte Erſcheinung von der im §. 1000. Zuſ. Zu dieſem Ende dient eine Glasröhre R (Z. 490.), die an beyden Enden durch Kork verſchloſſen iſt. Durch den untern Kork geht ein Eiſendraht e, durch den obern ein anderer Draht d', welcher in h hakenförmig gebogen iſt, damit das dünne Platindrahtſtück b mittelſt einer ähnlichen Biegung eingehängt werden könne. Dieſes Drahtſtück b muß über dem untern Ende ein kleines Knöpfchen g

von Glas haben, damit zwiſchen b und c keine leitende Verbindung Statt finde. In dieſe ſo vorgerichtete Röhre R wird etwas Queckſilber gethan, ſo, daß der Eiſendraht e über der Oberfläche desſelben hervorrage, der obere bewegliche Draht b aber mit ſeinem Ende die Oberfläche des Queckſilbers berühre. Nun wird ein ſtarker electriſcher Strom durch das Queckſilber und das bewegliche Drahtſtück dadurch eingeleitet, daß d mit dem einen und d' mit dem andern Pole der Säule in Verbindung geſetzt wird. Zugleich wird der Pol eines Magnetes an das Eiſenſtänglein e gehalten, und dieſes mithin durch Vertheilung in einen Magnet verwandelt. Sogleich beginnt das bewegliche Drahtſtück b um den Pol p die kreisförmige Bewegung. Wird der unten gehaltene Magnet M umgekehrt, ſo, daß nun der Pol p zum entgegengeſetzten wird: ſo entſteht dieſelbe Bewegung nach der entgegengeſetzten Richtung. Dieſe Richtung hängt natürlich ab von der Richtung des electriſchen Stromes und davon, was für ein Pol in p entſteht.

Schweigger's Apparat zu demſelben Zwecke. In einer an einem Cylinder A E (Zeichn. 491.) aus hartem Holze ausgeſchnittenen Rinne r, die hier im Durchſchnitte erſcheint, iſt Queckſilber enthalten. Eine ſehr leichte, etwa 5 Zoll lange Nadel ruht mittelſt eines Hütchens auf einer feinen Spitze, die in der Mitte des Holzcylinders ſich befindet, und von welcher durch den Cylinder ein Draht D durchgehet, der ſich mit dem Electromotor verbinden läßt. Das eine Ende der Nadel, welches in eine Platinſpitze ausgehet, berührt das Queckſilber. Wird nun der eine Polardraht des Electromotors in das Queckſilber geleitet, der andere mit dem Drahte D verbunden: ſo geht der electriſche Strom durch die horizontal bewegliche Nadel. Wird dann unter der Rinne ein Pol eines ſtarken Magnetes gelegt: ſo läuft die Nadelſpitze in einem Kreiſe.

Barlow's Rädchen. Ein ſolches iſt in der Zeichn. 492. abgebildet. Ein gabelförmiger Draht g, wird auf irgend eine Weiſe (z. B. mittelſt der Säule s) über dem Bretchen B gehalten. Ein leichtes ſternförmig ausgeſchnittenes Rädchen aus feinem Kupferbleche ruhet an einer horizontalen Achſe in zweyen vor dem Verſuche mit etwas Queckſilber gefüllten Pfännchen der Gabel g. Unter dem Rädchen befindet ſich eine Vertiefung in dem Bretchen B, welche mit ſo viel Queckſilber q angefüllt wird, daß die Spitzen des Rädchens es beynahe berühren. Wird nun der eine Polardraht in das Queckſilber q geleitet, der andere mit dem gabelförmigen Träger g verbunden: ſo geht der electriſche Strom durch das Queckſilber in das

Rädchen, oder umgekehrt. Legt man nun einen Hufeiſenmagnet ſo, daß das Rädchen zwiſchen ſeinen beyden Polen ſich befindet: ſo dreht ſich dasſelbe mit großer Geſchwindigkeit um ſeine Achſe.

§. 1002. Wirkung des Erdmagnetismus auf einen beweglichen Schließungsdraht. Aus dem Vorigen iſt klar, daß ein horizontaler Schließungsdraht, wenn man ihn beweglich machen könnte, ſich ſenkrecht auf den magnetiſchen Meridian ſtellen müßte, ganz aus demſelben Grunde, warum eine horizontale Magnetnadel ſich unter einem rechten Winkel gegen den Schließungsdraht zu ſtellen ſucht. Er wird ſich nähmlich immer ſo zu ſtellen ſuchen, daß eine Seite desſelben nach Nord, die andere nach Süd gewendet ſey.

Da es aber kaum angeht, einen Draht horizontal durchſtrömen zu laſſen und ihn zugleich beweglich zu machen: ſo bedient man ſich zu Verſuchen eines kreisförmig oder unter Winkeln gebogenen Drahtes, den man um eine verticale Achſe beweglich macht, bey welcher Bewegung er gleichfalls eine Seite der Nord-, die andere der Südgegend zukehren kann. Um aber den Erfolg zu verſtärken, vervielfältigt man den Strom durch mehrere Windungen desſelben Drahtes. Es wird nähmlich um einen ſehr leichten hölzernen Rahmen (Z. 493.), der um zwey feine Spitzen a und b ſich horizontal drehen läßt, ein mit Seide überſponnener feiner Metalldraht etwa zwanzig Mahl gewunden, das eine Ende des Drahtes mit der Spitze a, das andere mit der Spitze b verbunden. Die Spitze a geht durch den Boden eines durchbohrten Pfännchens, welches an der Säule s l angebracht iſt, die Spitze b ruht gleichfalls in einem Pfännchen an dem das Ganze tragenden Brete B. In jedes Pfännchen wird ein Tropfen Queckſilber gethan, dann mit dem einen der eine Polardraht, mit dem andern der andere verbunden. So iſt der electriſche Strom eingeleitet und der Rahmen ſtellt ſich ſenkrecht auf den magnetiſchen Meridian. Man ſieht, daß auch dieſe Vorrichtung ein Multiplicator iſt.

Raſchig's electromagnetiſcher Compaß. Dieſer kleine Apparat, an dem die Wirkung des Erdmagnetismus ſich beſonders gut zeigt, iſt in der Zeichn. 494. abgebildet. Es iſt a b eine

Federſpule oder ein anderes ſehr leichtes Röhrchen, um welches ein feiner, mit Seide überſponnener Draht ſchraubenförmig mit dicht an einander liegenden Windungen gewunden iſt. An beyden Enden des Röhrchens wird der Draht feſt gebunden, die noch übrigen Drahtſtücke werden von der Seide entblößt, das eine Ende an eine kleine Zinkplatte, das andere an ein kupfernes Gefäßchen gelöthet, welches gerade groß genug iſt, daß es die Zinkplatte ſo faſſen könne, um noch etwas Zwiſchenraum übrig zu laſſen. Die Zinkplatte wird in das Gefäßchen durch Siegellack ſo befeſtigt, daß die beyden Metalle einander nirgends berühren. Der Apparat wird an den Seidenfäden m n l aufgehangen, und iſt ſo zu dem Verſuche vorbereitet. Wird nun in das Gefäßchen eine gut leitende Flüſſigkeit (z. B. verdünnte Schwefelſäure) gegoſſen: ſo iſt der electriſche Strom eingeleitet, und das Stänglein nimmt die Lage von Nord nach Süd an.

Eine Art electromagnetiſcher Neigungscompaß. Wird über einen in der Zeichn. 495. abgebildeten Rahmen ein mit Seide umſponnener Draht gewunden, dieſem Multiplicator aber eine horizontale Achſe gegeben, nähmlich zwey Stifte a und b (wie ſie die erwähnte Zeichnung andeutet), und werden dieſe Stifte auf kleine etwas eingeſchnittene Pfännchen gelegt, nachdem man in jedes einen Tropfen Queckſilber gethan hat: ſo braucht man den Apparat nur ſo zu ſtellen, daß die Drehungsachſe ſenkrecht auf den magnetiſchen Meridian ſey, und den electriſchen Strom einzuleiten. Der Rahmen ſtellt ſich dann ſenkrecht auf die Ebene des magnetiſchen Äquators. Es verſteht ſich von ſelbſt, daß bey dieſem Apparate der Schwerpunct des Ganzen in der Drehungsachſe liegen müſſe.

Rotation durch den Erdmagnetismus mittelſt eines in der Zeichn. 496. abgebildeten Apparates. G f iſt ein flaches Gefäß, welches mit einer gut leitenden Flüſſigkeit (einer ſchwachen Säure) angefüllt iſt; r r und r′ r′ ſind Glasröhren, die durch den Boden des Gefäßes gehen, und durch welche die Leitungsdrähte K k und Z z (um iſolirt zu ſeyn) durchgeführt ſind. Auf den Spitzen derſelben ruhen zwey mit Hütchen verſehene Metallnadeln, deren jede an dem einen Ende umgebogen iſt, damit die feine Platinſpitze dieſes Endes die Flüſſigkeit berühre. So geht der electriſche Strom von k auf die Nadel m n, durch die Spitze n in die Flüſſigkeit, aus dieſer durch die Spitze q in die Nadel p q, und dann nach z. Iſt der Strom eingeleitet: ſo laufen beyde Nadeln in Kreiſen herum und zwar in entgegengeſetzten Richtungen. Hier iſt nur der von k durch die Nadeln und

die Flüſſigkeit nach z geleitete Strom wirkſam; es iſt weder ein Magnet vorhanden, noch irgend ein zweyter Strom, und dennoch iſt ein ſolcher nothwendig. Ihn erſetzt die Wirkung des Erdmagnetismus, vermöge deſſen ſich jene Nadeln in jedem Augenblicke umdrehen.

§. 1003. Wirkung eines durchſtrömten Leitungsdrahtes auf den andern. Dieſe Wirkung iſt keine abgeleitete, ſondern eine der zwey bereits angegebenen Hauptthatſachen, und wird hier nur nochmahls erwähnt, um die Überſicht der verſchiedenen gegenſeitigen Einwirkungen zu vervollſtändigen. Der Verſuch darüber iſt bereits angegeben (§. 992.).

Gegenſeitige Abſtoßung der Stromtheile. Ampere hat einen Apparat angegeben, deſſen Zweck iſt, zu zeigen, daß der electriſche Strom auch auf die Theile desſelben Schließungsdrahtes abſtoßend wirke. Dieſer Apparat iſt in der Zeichn. 497. abgebildet. G iſt ein durch eine Querwand q w in zwey Fächer getheiltes Gefäß. Dieſes wird mit Queckſilber gefüllt, das Queckſilber in a mit dem einen Pole der Säule, das in b mit dem andern Pole verbunden. Auf das Queckſilber wird ein mit Seide umſponnener Metalldraht c d e gelegt, der mittelſt der von Seide freyen Enden beyde Fächer verbindet. Hat der electriſche Strom begonnen: ſo entfernt ſich der Draht c d e von der Stelle m n.

Kreiſende Bewegung eines Leitungsdrahtes um den andern. Zu Verſuchen darüber hat Ampere den in der Z. 498. A. abgebildeten Apparat angegeben. Ein Drahtſtück a b c d wird an zwey Stellen b und c unter einem rechten Winkel ſo gebogen, daß er zwey verticale Theile b a, c d und einen horizontalen Theil b c erhält. Die Mitte des Stückes a b wird mit einer Spitze s verſehen, die Theile b a und c d werden unten mit einem kreisförmigen Kupferſtreifen e f verbunden. Leitet man einen electriſchen Strom gegen die Spitze s: ſo muß ſich dieſer nach zwey Richtungen s b und s c theilen, und dann durch b a und c d nach abwärts in den Ring e f abfließen. Dieſes iſt der eine Theil des Apparates. — Der zweyte Theil desſelben beſteht in einem Glasgefäße G, um welches ſich ein mit Seide überzogener, mehrmahls um ſich kreisförmig gewundener Kupferſtreifen befindet; er dient, wie man ſieht, als Multiplicator. Bey dem Verſuche wird nun der Kupferring e f in das Gefäß G ſo eingeſtellt, wie es in der Zeichnung 498. B. zu ſehen iſt, das Gefäß mit ſäuerlicher Flüſſigkeit gefüllt,

dann der electriſche Strom bey m in den Apparat und bey n aus demſelben geleitet; ſo macht er den Weg von m nach s aufwärts, theilt ſich hier gegen b und c, geht durch b a und c d in den Kupferreif e f, von dieſem in die ſaure Flüſſigkeit, aus welcher er in den Multiplicator tritt und endlich mittelſt des Polardrahtes p abfließt. Die Enden des Multiplicators ſind frey von Seide; das eine taucht in das Gefäß, das andere iſt mit dem einen Polardrahte verbunden. Der Ring e f kommt hierdurch in eine kreiſende Bewegung, deren Richtung entgegengeſetzt iſt der Richtung des Stromes in dem Multiplicator.

**Allgemeine Anmerkung, betreffend die Rotationsbewegungen durch electriſche Ströme.** Sie beruhen alle auf §. 992. Zuſ., wie hier noch kurz angedeutet werden ſoll. Es ſey a b (Zeichn. 499.) ein electriſcher Strom, und c d ein anderer; man betrachte die Wirkung des zweyten auf irgend einen beliebigen Punct p des erſteren. Um dieſe zu finden, denke man ſich zwey von p gleichweit entfernte Puncte m und n in dem Strome c d und frage: wie werden ſie auf den Punct p wirken? Die Wirkung von m iſt anziehend (weil beyde Ströme nach derſelben Spitze des Winkels e ſtreben), p wird alſo in der Richtung p m angezogen; die Wirkung von n iſt abſtoßend (weil der eine Strom ſich der Winkelſpitze e nähert, der andere ſich von ihr entfernt), die Richtung der Abſtoßung iſt n p. Man übertrage nun n p auf den Punct p, ſo wird der Punct p durch die vereinte Wirkung zweyer gleichen Kräfte p m und p o = n p in der Mittelrichtung p q getrieben; und was von dem *einen* Puncte p gilt, gilt von jedem andern Puncte des Stromes a b. Iſt nun a b beweglich: ſo muß jeder Punct in einer mit p q parallelen Richtung fortſchreiten; mithin wird der ganze begränzte Strom a b nach a′ b′, a″ b″ u. ſ. w. verſetzt, und die Richtung ſeiner Fortſchreitung iſt der Richtung des Stromes c d entgegengeſetzt. Würde aber der Strom a b die entgegengeſetzte Stromrichtung b a haben (wie in der Zeichn. 500.): ſo ergibt ſich aus einer ähnlichen Betrachtung, daß derſelbe nun von b a nach b′ a′, b″ a″ ꝛc. verſetzt werden müßte; denn in dieſem Falle wirket n anziehend auf p, weil beyde Ströme von der Spitze e desſelben Winkels e weggehen (§. 992. Zuſ.), m dagegen wirkt abſtoßend auf p, weil der eine Strom ſich der Winkelſpitze e nähert, der andere ſich von ihr entfernt. — Von ſelbſt ergibt ſich nun die Anwendung auf den Fall, wenn der Strom c d, anſtatt geradlinig zu ſeyn, ein Kreisſtrom iſt, wie in der Zeichn. 501. Auch hier wird ein Strom a b nach a′ b′, rückwärts getrieben werden,

wenn ſeine Richtung a b iſt; vorwärts aber nach α β, wenn ſeine Richtung b a iſt. Iſt alſo der Strom a b in einem beweglichen, der Strom c d e in einem unbeweglichen Leiter vorhanden: ſo wird jener um dieſen herumgehen. Iſt dagegen der Leiter, in welchem der Strom a b vorhanden iſt, unbeweglich, der zweyte aber beweglich: ſo wird dieſer zweyte in eine Drehung kommen, und die Richtung dieſer Drehung wird von der Richtung des Stromes a b abhängen. — Die Anwendung auf die verſchiedenen speciellen Fälle wird ſich nach dieſer Betrachtung wohl ohne Schwierigkeit ergeben. Nur eines Falles ſoll noch eigens gedacht werden, desjenigen nähmlich, wenn die Richtung eines geradlinigen Stromes a b (Z. 502.) nicht gegen den Mittelpunct eines kreiſenden Stromes c d gekehrt iſt, ſondern dieſen vorbeygeht. Hier wird der Strom a b in der Richtung d c getrieben werden, wie aus der Betrachtung der Zeichnung von ſelbſt ſich ergibt; allein dieſer Strom a b darf ſich nicht weiter erſtrecken als bis b. Denn würde er den Kreisſtrom wirklich vorbeygehen und unter b ſich weiter erſtrecken: dann würde aus denſelben Gründen der untere Theil des fortgeſetzten Stromes a b in einer Richtung getrieben werden, die der Richtung des oberen Theiles entgegengeſetzt wäre; es könnte mithin gar keine Bewegung erfolgen. Daher muß der Leitungsdraht, der um einen Magnet (§. 1001. Zuſ.) herumkreiſen ſoll, nur bis zu der Oberfläche des Queckſilbers reichen. Der weiter in dem Queckſilber ſelbſt fortgeleitete Strom kommt hier in Beziehung auf die Bewegung des Leitungsdrahtes in keine Betrachtung.

## Thermoelectricität oder Thermomagnetismus.

§. 1004. Unter den electriſchen Strömen, auf deren Vorhandenſeyn die Ablenkung der Magnetnadel ſchließen läßt, verdienen eine vorzügliche Erwähnung diejenigen, die durch den Einfluß der Wärme bewirkt werden. Sie ſcheinen immer Statt zu finden, wenn an einem oder mehreren gut leitenden Körpern, welche einen in ſich zurückkehrenden Kreis bilden, irgend eine Stelle erhitzt wird, ohne daß die übrigen Stellen eine Temperaturänderung erfahren. Man erklärt ſich die Erſcheinung ſo, daß man annimmt, die electromotoriſche Kraft der erwärmten Stelle werde geändert, davon ein electriſcher Strom die Folge ſey. Damit aber ein ſolcher Strom ſich wirkſam zeige, iſt es noth-

wendig, daß die Erwärmung nicht nach zwey entgegengeſetzten Richtungen gleichförmig fortſchreite; denn in einem ſolchen Falle müßten entgegengeſetzte Ströme entſtehen, die einander dann aufheben würden. Zu Verſuchen darüber eignen ſich vorzüglich metalliſche Körper von kryſtalliniſchem Gefüge (z. B. Antimon und Wismuth), beſonders wenn man aus einem von ihnen und noch einem andern Metalle einen Kreis herſtellt. So dient die in der Z. 503. abgebildete Zuſammenfügung, um einen leichten Verſuch anzuſtellen. AB iſt ein Cylinder aus Wismuth, der auf beyden Enden mit einem umgebogenen Kupferdrahte c d durch Löthung verbunden iſt. Wird eine der Löthungsſtellen (etwa mittelſt einer Weingeiſtflamme) erwärmt oder bedeutend erkältet, und hält man den Draht c d über oder und unter eine Magnetnadel: ſo wird dieſe abgelenkt, und zwar im zweyten Falle nach der entgegengeſetzten Gegend mit der im erſten Falle. Die Richtung des electriſchen Stromes läßt ſich nach §. 904. beurtheilen. Daß hier nicht etwa die Berührung zweyer verſchiedenen Metalle der Hauptgrund der Erſcheinung ſey, folgt daraus, weil die Wirkung wegfällt, wenn die beyden Löthungsſtellen c und d zu gleicher Zeit gleich ſtark erhitzt oder erkältet werden, weil die Wirkung mit der Größe der Temperatursunterſchiede zunimmt, endlich weil nicht eben zwey verſchiedene Metalle dazu nothwendig ſind, ſondern bey Verwendung eines Metalles gleichfalls eine ähnliche Wirkung Statt findet, wiewohl eine weit ſchwächere. So z. B. erfolgt ein electriſcher Strom an einem Kupferdrahte, der auf die in der Zeichn. 504. angegebene Art gebogen wird, wenn man das hervorſtehende Ende a erwärmt.

Ein Verſuch mit Thoncylindern. Aus zwey wohl getrockneten Cylindern aus Töpferthon verband man den einen mit dem einen Ende eines Multiplicators, und eben ſo den andern mit dem andern Ende. Ward nun der eine Cylinder an ſeinem freyen Ende erhitzt und beyde Cylinder mit einander berührt: ſo wirkte der Multiplicator ablenkend auf die Magnetnadel.

Ein ſehr wirkſamer Apparat. Er ward von Fechner angegeben, und iſt in der Zeichn. 505. abgebildet. Es iſt nähmlich a b c

eine etwa 4 Zoll breite umgebogene Kupferplatte, deren oberer Theil a b durchbrochen und an ihm eine Kreiseintheilung angebracht iſt; d und c ſind Magnetnadeln, welche an einem feinen Faden herabhängen und eine aſtatiſche Doppelnadel bilden. Wird ein Wismuthkupferbogen (wie der in der Zeichn. 506. abgebildete) mit a und c in Berührung gebracht, und an der Löthſtelle auch nur mit der Hand erwärmt: ſo zeigt ſich eine Ablenkung von 50° und mehr. (Verſchiedene Verſuche von Becquerel über Thermoelectricität nachgewieſen am Condenſator ſ. Ann. de Chim. et de Phys. XLVI.) Nobili hat einen äußerſt empfindlichen Thermomultiplicator aus einer Anzahl von abwechſelnd an einander gelötheten Antimon- und Wismuthplatten conſtruirt. (Pogg. Ann. XXVII. 439.)

Thermoelectriſche Reihen. Yelin hat es verſucht, aufzufinden, wie die verſchiedenen Metalle in Hinſicht der Fähigkeit durch Temperaturdifferenz einen mehr oder weniger wirkſamen magnetiſchen Strom zu erregen, ſich verhalten. Er ordnet ſie in folgende Reihe, welche mit dem wirkſamſten Metalle anfängt: Wismuth, Antimon, Zink, Silber, Kupfer, Platin, Meſſing, Gold, Zinn, Bley. — Seebeck hat die Metalle in Beziehung auf folgende Erfahrung unterſucht. Wenn zwey verſchiedene Metalle, z. B. A und B, mit einander verbunden ſind: ſo wird eine im Innern des Bogens ſchwebende Magnetnadel durch Temperaturdifferenz entweder weſtlich oder öſtlich abgelenkt, vorausgeſetzt, es werde die ſüdliche Berührungsſtelle erhitzt. Aus den nachſtehenden Metallen gab jedes mit jedem Nachfolgenden eine weſtliche Abweichung: Wismuth, Nickel, Kobalt, Palladium, reines Platin, Uran, reines Kupfer, Mangan, Titan, Meſſing, Queckſilber, Bley, Zinn, Chrom, Molybdän, Rhodium, Iridium, Gold, Silber, Zink, Wolfram, Kadmium, Stahl, reines Eiſen, Arſenik, Antimon, Tellur. Die geringſte Verunreinigung eines Metalls änderte deſſen Stelle in dieſer Reihe.

## Hervorrufung ſecundärer electriſchen Ströme. Magneto-Electricität.

§. 1005. Ein electriſcher Strom wirket nicht bloß auf einen andern bereits vorhandenen, ſondern bringet auch in einem genäherten Leiter, in welchem kein electriſcher Strom vorhanden iſt, einen ſolchen hervor. Verſuche haben darüber Folgendes

gelehrt. Wird einem von der Electricität durchſtrömten Leitungs-drahte ein zweyter genähert: ſo entſteht auch in dieſem ein electriſcher Strom, welcher in Beziehung auf ſeine Richtung dem erregenden Strome entgegengeſetzt, in Beziehung auf ſeine Dauer ein augenblicklicher iſt. Wird nachher der genäherte Leiter von dem erregenden oder Hauptſtrome wieder entfernt: ſo entſteht neuerdings in ihm ein ſecundärer Strom gleichfalls von augenblicklicher Dauer, aber von derſelben Richtung mit dem Hauptſtrome. Aus verſchiedenen Verſuchen darüber ſoll hier vor allen andern ein ſolcher angeführt werden, in welchem die Erſcheinung am leichteſten aufzufaſſen iſt. Als einfacher Apparat eignen ſich dazu vorzüglich zwey quadratiſche Multiplicatoren, nähmlich quadratiſche Rahmen, über deren jedem ein mit Seide umſponnener Metalldraht etwa hundert Mahl gewunden wird. Die Drahtenden des einen Quadrates A werden mit einem empfindlichen, mit einer Magnetnadel verſehenen Multiplicator verbunden, die Drahtenden des zweyten Quadrates B verbindet man, um einen electriſchen Strom darin einzuleiten, mit einem Electromotor. Man nähere dann dieſes Quadrat B dem mit dem Multiplicator verbundenen A: ſogleich wird die Magnetnadel abgelenkt; mithin iſt nun auch in dem Quadrate A ein electriſcher Strom vorhanden. Die Nadel kehrt aber ſchnell zurück in ihre vorige Lage; der Strom war mithin nur von augenblicklicher Dauer. Wird das Quadrat B wieder entfernt: ſo erfolgt eine neue, gleichfalls augenblickliche Ablenkung der Nadel, aber nach der entgegengeſetzten Seite. Es iſt mithin neuerdings ein ſecundärer Strom in dem Quadrate A erregt worden, gleichfalls von augenblicklicher Dauer, und in einer Richtung, die der Richtung des früheren entgegengeſetzt iſt. — Daß, in Beziehung auf die Richtung des Hauptſtromes, der erſte ſecundäre Strom ein dieſem Hauptſtrome entgegengeſetzter, der zweyte ein mit ihm gleichlaufender ſey, läßt ſich erſehen, wenn man die Ablenkung der Nadel auch durch den Hauptſtrom ſelbſt bewirken läßt.

Faraday (dem die Wiſſenſchaft dieſe Erweiterung verdankt) hat ſich anderer Apparate bedient. — Auch Ampere hat Vorrichtungen zu

dieſem Behufe angegeben. Die hier, der Einfachheit wegen, angeführten quadratiſchen Multiplicatoren ſind von Nobili.

Man hat auch Stahlnadeln mittelſt eines ſecundären Stromes magnetiſch gemacht, indem man dieſen Strom in eine Drahtſchraube leitete, in welche die Stahlnadel gelegt ward, wie in den im §. 1000. angegebenen Verſuchen.

§. 1006. **Hervorrufung electriſcher Ströme, und mithin electriſcher Erſcheinungen mittelſt eines Magnetes.** — Aus der Annahme, daß ein Magnet von electriſchen Strömen umkreiſet werde (§. 996.), läßt ſich erwarten, daß auch er in einem genäherten Leiter electriſche Ströme zu erregen im Stande ſey. Dieſe Erwartung wird durch die Erfahrung gerechtfertigt. Aus den Verſuchen, welche darüber angeſtellt worden ſind, ſollen hier gleichfalls vor allen andern ſolche angeführt werden, an denen das, was vorgeht, ſich am deutlichſten erkennen läßt. Werden nähmlich die Enden eines ſchraubenförmig gewundenen Drahtes mit einem Multiplicator verbunden, und dann ein hinreichend ſtarker Magnet in die hohle Schraube ſchnell hineingeſchoben: ſo wird die Magnetnadel des Multiplicators abgelenkt. Durch den Magnet wird alſo in der Schraube ein electriſcher Strom erregt, und durch den Multiplicator fortgeleitet, wo er auf die Magnetnadel die bekannte Wirkung electriſcher Ströme hervorbringt. Wird dann der Magnet ſchnell aus der Schraube herausgezogen: ſo wird die Magnetnadel des Multiplicators neuerdings abgelenkt, aber nach der entgegengeſetzten Gegend; es iſt mithin durch die Entfernung des Magnetes neuerdings ein Strom, der dem erſten entgegengeſetzt war, erregt werden. Beyde Ströme ſind, wie die im §. 1005. angeführten, von augenblicklicher Dauer, denn die abgelenkte Nadel geht ſogleich wieder zu ihrer frühern Lage zurück. Wiederhohlt man das Einſchieben und Ausziehen des Magnetes mehrmahls: ſo kommt die Magnetnadel in bedeutende Schwingungen. Es verſteht ſich übrigens von ſelbſt, daß der Multiplicator von dem erregenden Magnete hinreichend entfernt ſeyn müſſe, damit dieſer nicht unmittelbar auf die Nadel einwirke. — Noch auf-

fallender iſt folgender Verſuch. Es wird ein weiches Stück Eiſen (wie das in der Zeichn. 507. abgebildete) mit einem durch Seide iſolirten Drahte umwunden, und die Drahtenden a und b werden mit einem entfernten Multiplicator in Verbindung geſetzt. Man nähert nun dem Eiſenſtücke ſchnell einen Hufeiſenmagnet M, ſogleich wird die Nadel des Multiplicators abgelenkt. Durch die Annäherung des Hufeiſensmagnetes wird nähmlich das weiche Eiſenſtück e e gleichfalls ein Magnet, bewirkt mithin einen electriſchen Strom in dem umwundenen Drahte, und mithin in dem Multiplicator. Dieſer Strom iſt gleichfalls von augenblicklicher Dauer, denn die Nadel kehrt ſogleich zurück in ihre frühere Lage. Wird nun der Magnet M ſchnell wieder entfernt: ſo zeigt ſich eine neue, der vorigen entgegengeſetzte Ablenkung der Nadel; denn das Eiſenſtück e e verliert dadurch ſeinen Magnetismus. Es iſt mithin gerade ſo, als ob ein Magnet von dem umwundenen Leiter wäre entfernt worden. — Auf dieſe Weiſe laſſen ſich auch andere electriſche Erſcheinungen hervorbringen, als: Geſchmacksempfindung, Zuckung eines Froſchpräparates und electriſche Funken; man hat überdieß electriſche Erſchütterungen hervorgebracht, und ſogar Waſſer zerſetzt. — Um eine Geſchmacksempfindung zu bewirken, wird mit jedem Drahtende a und b eine Platte von demſelben Metalle leitend verbunden, die eine Platte unter, die andere über die Zunge gelegt, der Magnet mit dem weichen Eiſen in Berührung gebracht und dann ſchnell abgeriſſen. — Um Zuckungen in einem Froſchpräparate zu bewirken, wird dieſes mit den Drahtenden a und b verbunden, dann der Magnet mit dem Eiſenſtücke in Berührung gebracht, endlich ſchnell abgeriſſen. — Man ſieht wohl ein, daß auch ein electriſcher Funke entſtehen dürfte, wenn in demſelben Augenblicke, in welchem durch die Annäherung oder Losreißung des Magnetes M ein augenblicklicher Strom in dem um das weiche Eiſenſtück gewundenen Drahte entſteht, die Enden desſelben a und b beynahe bis zur Berührung einander genähert werden. Doch muß die gegenſeitige Annäherung dieſer Drahtenden wirklich in dem angegebenen Augenblicke geſchehen. Dazu be-

diente ſich Faraday eines einfachen Verfahrens, welches darin beſtand, daß er an das eine Drahtende a (Zeichn. 508.) des um das weiche Eiſenſtück gewundenen Drahtes eine kleine Kupferplatte p löthete, und das zweyte Drahtende ſo bog, daß es ſenkrecht gegen die Platte gerichtet war und mit ſeinem abgerundeten Ende e dieſelbe berührte. Um die Berührung inniger zu machen, wurde ſowohl die Platte p als das Drahtende e mit etwas Queckſilber amalgamirt. Wenn man nun das weiche Eiſenſtück ſchnell an den Magnet anſetzt, oder es von ihm losreißt: ſo öffnet oder ſchließt ſich die metalliſche Kette durch die Schwingungen der Drahtenden, und es erſcheint beynahe immer ein electriſcher Funke an der Berührungs- oder Trennungsſtelle c. — Eben ſo einfach iſt eine von Strehlke angegebene, in der Zeichnung 509. abgebildete Vorrichtung. Das weiche Eiſen wird mit beyläufig 50 Drahtwindungen umgeben, die Drahtenden werden in die Ebene des Magnetes gebogen, ſo daß beyde von Seide entblößten Enden ſich an der Stelle C berühren, welches leicht dadurch erzielt wird, daß man die Stellen d und e mit einem Faden feſt bindet. Beym Anſetzen und Abreißen des Magnetes kommen auch dieſe Drahtenden in Schwingung, wodurch dasſelbe bewirkt wird, was von dem vorigen Apparate geſagt worden iſt. — Waſſerzerſetzung und Erſchütterung erfordern ſtärkere Apparate.

Einige Apparate. Ehe Faraday ſein Verfahren, Funken zu erhalten, bekannt machte, verſuchten es Nobili und Antinori, denen nur eine allgemeine Anzeige davon kund wurde, einen dazu dienlichen Apparat auszuſinnen, und es iſt ihnen gelungen. Sie haben mancherley Vorrichtungen zu dieſem Zwecke ausgedacht, darunter einige zuſammengeſetztere; eine der einfachen iſt in der Zeichn. 510. abgebildet. M iſt ein Hufeiſenmagnet, e e das weiche mit dem durch Seidenumſpinnung iſolirten Kupferdrahte oft umwundene weiche Eiſenſtück, an welches an dem einen Ende ein feines Metallfederchen f angebracht iſt. Der Draht iſt hier mit dem Magnete verbunden, daher entſteht der Funke zwiſchen dem Magnete und dem Federchen f. An dieſem Apparate brachte Baumgartner eine bequeme, in der Zeichnung 511. abgebildete Abänderung dadurch an, daß er den Magnet zwiſchen zwei hölzernen Leiſten c, c′ befeſtigte, und dieſen Leiſten in a

und a′ Ausſchnitte gab, in welchen die dünneren Enden des weichen Eiſenſtückes hin und her geſchoben werden können. Statt eines Drahtes iſt hier ein einige Linien breiter, mit einem Seidenbande umwickelter Kupferſtreifen an dem einen Ende mit dem Eiſenſtücke e e verbunden, mit dem andern in eine Drahtſchlinge D geſteckt, welche den Magnet umfaßt. Zugleich iſt ein Drahtſtück d an das Eiſenſtück angebracht, welches, beym Anſchließen des letztern an den Magnet, denſelben gleichfalls berührt. Zwiſchen dieſem Drahtſtücke und dem Magnete erſcheint der Funke. (Zeitſchrift für Phyſik. Bd. I. S. 288.)

Ein Apparat, um dieſe Erſcheinung auffallender und eine beliebige Reihe von Funken zu erhalten. Er wurde von Pixii in Paris hergeſtellt, und beſteht aus zwey Hufeiſen, davon das eine A von Stahl und magnetiſirt, das andere B von weichem Eiſen iſt. A, deſſen Pole nach unten gerichtet ſind, iſt drehbar. B iſt feſt mit nach oben gerichteten Polen. Zwiſchen beyden Hufeiſen iſt ein ſehr kleiner Zwiſchenraum. B iſt mehrmahls mit einem Kupferdrahte umwunden, deſſen Enden nach einer Schüſſel mit Queckſilber geführt ſind, und nur wenig von der Oberfläche desſelben abſtehen. Bey der Drehung des Magnetes A entſtehen lebhafte Funken zwiſchen den Drähten und dem Queckſilber.

Waſſerzerſetzung durch die mittelſt eines Magnetes erregten electriſchen Ströme. Die Enden des um das hufeiſenförmige weiche Eiſen des Apparates von Pixii umwundenen Drahtes wurden mit zwey anderen Drähten verbunden, welche durch den Boden eines mit Waſſer gefüllten Gefäßes gingen und über deren jeden ein kleiner, gleichfalls mit Waſſer gefüllter Recipient geſtürzt ward. An den Enden dieſer Drähte ſtiegen Gasbläschen auf und ſammelten ſich als Sauerſtoffgas und Waſſerſtoffgas. Raſcher wird die Zerſetzung des Waſſers, wenn es mit etwas Schwefelſäure verſetzt wird. — Der bey dieſem Apparat verwendete Magnet iſt aus zweyen zuſammengeſetzt, deren jeder über 12 Kilogrammen (über 25 Pfund) trägt; er macht 10 Umdrehungen in einer Secunde. Der um das weiche Hufeiſen gewundene Kupferdraht hat eine Länge von 400 Meter. (Ann. de Ch. et de Ph. LI. 72. — Ann. d. Ph. CIII. 394.)

Electriſche Erſchütterungen und ſtarkes Auseinandergehen am Goldblattelectroſcop wurden gleichfalls mittelſt eines Apparates von Pixii erhalten, der dem beſchriebenen ähnlich war, bey welchem er aber noch eines ſtärkeren Magnetes und

einer größern Anzahl von Drahtwindungen ſich bediente. (Ann. de Ch. etc. LI. 76. Ann. der Phyſik. CIII. 398)

Ableitung der Erſcheinungen des Rotationsmagnetismus (§. 989.) aus den mittelſt eines Magnetes erregten electriſchen Strömen. Wird nähmlich unter einer Magnetnadel eine Kupferſcheibe ſchnell gedreht, und nimmt man an, daß an jeder Stelle der Scheibe, die unter einen Pol der Nadel kömmt, ein augenblicklicher electriſcher Strom erregt werde: ſo hat derſelbe an jedem ſich nahenden Puncte die entgegengeſetzte Richtung mit dem Strome um den Pol, dieſer wird mithin abgeſtoßen; an den von dem Pole ſich entfernenden Puncten hat dagegen der erregte Strom dieſelbe Richtung mit dem um den Pol vorhandenen, dieſer wird mithin angezogen; und ſo muß demnach der Pol nach der Richtung der Drehung fortgehen, worauf ſich ſowohl die durch Drehung der Scheibe bewirkte Drehung der Magnetnadel (§. 989. Nr. 2.), als auch die durch Drehung des Magnetes bewirkte Drehung der Scheibe (§. 989. Nr. 3.) erklärt, und eben ſo die Verkleinerung der Schwingungsbögen einer über der drehenden Scheibe oſcillirenden Nadel (§. 989. Nr. 1.). — Die Abſtoßung des Poles eines vertical hangenden Magnetes (§. 989. Nr. 4.) aber denket man ſich als eine Folge davon, daß die Abſtoßung der nach einander unter den Pol tretenden Puncte (an welchen gerade die entgegengeſetzten Ströme entſtehen) ſtärker wirkt als die Anziehung der ſich entfernenden, mithin in einen größeren Abſtand tretenden Puncte, in denen die Ströme von gleicher Richtung entſtehen. — Iſt nun dieſe Abſtoßung vorherrſchend: ſo iſt auch die verſchiedene Stellung der Inclinationsnadel über verſchiedenen Stellen der Scheibe (§. 989. Nr. 5.) erklärbar. Der Pol p der Nadel (Zeichn. 461.) kann nähmlich nur nach innen oder nur nach außen getrieben werden, weil eine andere Bewegung hier unmöglich iſt. Man denke ſich nun unter dem erwähnten Pole einen kleinen Kreis in der Scheibe, welcher den Raum angibt, in dem durch die Wirkung des Poles noch Ströme entſtehen können. Alle Puncte dieſes Kreiſes wirken abſtoßend. Iſt dieſe Nadel über einem Puncte, der ſo liegt, daß jener Wirkungskreis ſich zwiſchen dem Mittelpuncte und dem Rande der Scheibe befindet, wie in der Zeichn. 512.: ſo ſind der abſtoßenden Puncte an der Seite des Mittelpunctes c und an der Seite des Randes gleich viele, die Nadel muß demnach die verticale Lage behalten. Fällt der Mittelpunct des Wirkungskreiſes (wie in der Zeichn. 513.) ſo nahe an den Rand, daß mehrere ab-

ſtoßende Puncte nach innen liegen: ſo muß der Pol nach außen getrieben werden. Die entgegengeſetzte Wirkung muß erfolgen, wenn der Mittelpunct des Wirkungskreiſes in der Nähe des Mittelpunctes der in Drehung begriffenen Scheibe fällt, wie in der Zeichn. 514. Eine ausführliche Erörterung der Einwirkungen electriſcher Ströme auf bewegte Metallmaſſen, wo verſchiedene Combinationen in Betrachtung kommen, iſt von Nobili geliefert worden. (S. Ann. der Phyſik. Bd. CIII. S. 401.) Hier war es uns nur darum zu thun, die im §. 989. vorkommenden Erſcheinungen einiger Maßen begreiflich zu machen.

§. 1007. **Weſen der Electricität und des Magnetismus.** — Daß die electriſchen und magnetiſchen Erſcheinungen Wirkungen derſelben Thätigkeiten ſeyen, iſt, nach den bisher angeführten Thatſachen, wenigſtens äußerſt wahrſcheinlich. Ob aber dieſe Thätigkeiten (wie vielleicht auch Licht und Wärme) nur als beſondere Wirkungsformen der allgemeinen Naturkräfte (mithin auf beſondere Zuſtände aller Körper ſich gründend) angeſehen werden können, oder ob ſie gewiſſen eigenthümlichen Stoffen zukommen, und welchen, geht aus den betrachteten Erſcheinungen keineswegs mit Sicherheit hervor. Daher wir es für räthlicher halten, auch hier unſere Unkenntniß des eigentlichen Weſens der Electricität einzugeſtehen, als irgend eine Behauptung aufzuſtellen, die ſich doch nicht vollſtändig dürfte durchführen laſſen. Dieſem Grundſatze gemäß haben wir uns bemüht, auch in dieſer Lehre das Sichere und Thatſächliche von dem bloß Vermutheten und Hypothetiſchen möglichſt zu ſondern, die Erſcheinuugen in eine leicht überſehbare Folge zu ordnen und unſere vorzüglichſte Bemühung auf die Erforſchung der ihnen zu Grunde liegenden Naturgeſetze zu verwenden, um dem (im §. 18. ausgeſprochenen) Hauptzwecke unſerer Wiſſenſchaft zu entſprechen, welche wir dort die Geſetzkunde der Natur genannt haben.

Übrigens ſind von verſchiedenen Naturforſchern verſchiedene Vermuthungen über dieſen Gegenſtand, mitunter mit vielem Scharfſinne, ausgeſprochen worden, davon einige hier kurz angeführt werden ſollen. Gren dachte ſich den Wärmeſtoff als einen einfachen Stoff, das

Licht aber zuſammengeſetzt aus Wärmeſtoff und Lichtſtoff, wie dieſes bereits in §. 706. iſt angeführt worden. Das Licht, durch Adhäſion an der Oberfläche der Leiter feſtgehalten, iſt (nach ſeiner Meinung) electriſche Materie; daher ſie ſich nur wirkſam zeigt beym Übergange von einem Leiter auf den andern durch Nichtleiter (z. B. durch die Luft). Er nimmt, wie man ſieht, nur eine electriſche Materie an. — Meißner's Anſicht über die Imponderabilien iſt, kurz angegeben, folgende: Wärmeſtoff iſt ein einfacher Stoff, Wärmeſtoff mit etwas Sauerſtoff gibt Licht, mit mehr Sauerſtoff die electriſche Materie, mit noch etwas mehr Sauerſtoff die magnetiſche Materie. (Man ſehe darüber: Handbuch der allgemeinen und techniſchen Chemie Bd. II.; dann Syſtem der Heilkunde ꝛc., Wien 1832. S. 13, 15.) — Schrader hielt Sauerſtoff, Lichtſtoff und Wärmeſtoff für Beſtandtheile der electriſchen Materie. — Lampadius (dem Dualismus huldigend) hält das + E zuſammengeſetzt aus viel Licht, wenig Wärmeſtoff, noch weniger Sauerſtoff; das — E aus viel Licht, wenig Wärmeſtoff, noch weniger Waſſerſtoff. — Nach Carl Schmidt iſt der Electricitätsſtoff, den er Zitterſtoff nennt, zerſetzbar in Lebensſtoff, Sauerſtoff, Wärmeſtoff, Lichtſtoff; und das Chemiſche des thieriſchen Prozeſſes beſteht in der Zerſetzung desſelben. — Nach Parrot iſt + E = Wärmeſtoff und — E = Lichtſtoff, jener iſt der expandirende Stoff für den Sauerſtoff, dieſer für den Wärmeſtoff. — Noch andere Anſichten ſind zu finden in Gehler's phyſikaliſchem Wörterbuche im Artikel Electricität, aus denen wir nur die des Verfaſſers von jenem Aufſatze mit wenigen Worten anführen wollen. Nach dieſer gibt es zwey electriſche Flüſſigkeiten, davon die eine im + E, die andere im — E wirkſam iſt. Beyde enthalten Wärmeſtoff und Licht, aber jede noch einen eigenthümlichen Grundſtoff, den der Verfaſſer das Electricon nennet. Übrigens können, nach ſeiner Meinung, Wärmeſtoff und Lichtſtoff auch ein verſchiedenes quantitatives Verhältniß im + E und E haben; im + E ſey mehr Wärmeſtoff enthalten als im — E; der Lichtſtoff im + E ſey endlich von einer andern Beſchaffenheit als im — E, worauf unter anderm ſchon die röthliche Farbe der poſitiven und die bläuliche der negativen Hälfte des electriſchen Funkens hindeute.

# Anhang

enthaltend:

## Gedrängte Überſicht der vorzüglichſten irdiſchen Erſcheinungen im Großen.

# Irdiſche Erſcheinungen im Großen.

§. 1008. Ausführlich werden dieſe Erſcheinungen in zwey ſpecielleren Theilen der angewandten Naturlehre (der phyſiſchen Geographie und Atmoſphärologie) abgehandelt; hier kann von den meiſten derſelben nur das Wichtigſte kurz angeführt, wohl auch nur angedeutet werden. — Sie finden Statt entweder an der Oberfläche der Erde, oder in dem Innern, oder in der Atmoſphäre derſelben. Da indeſſen die größten Tiefen, zu denen man bisher gedrungen iſt und überhaupt dringen kann, gegen den Halbmeſſer des Erdkörpers gehalten, ſehr unbedeutend ſind: ſo gehört auch das, was man gewöhnlich das Innere der Erde nennt, nur zur äußerſten Rinde derſelben.

Die größte Tiefe, in welche die Menſchen bisher gelangt ſind, mag wohl der Steinkohlenbruch zu Whitehaven in Cumberland ſeyn. Er ſoll bis auf 3160 Fuß unter die Oberfläche reichen.

## I. Erſcheinungen an der Oberfläche der Erde.

§. 1009. Die Erdoberfläche iſt bekanntlich größtentheils mit Waſſer bedeckt, nur einige größere und viele kleineren Theile ragen hervor. Jene nennt man feſtes Land, dieſe heißen Inſeln. Jedes Feſtland iſt, wie man ſieht, im Grunde auch nur eine große Inſel. — Das große, den Erdball zum Theil einhüllende Gewäſſer wird bekanntlich der Ocean oder das Weltmeer genannt; einige Theile deſſelben erhielten eigene Nahmen. Auf dem feſten Lande ſowohl als auf den Inſeln befinden ſich überdieß größere und kleinere Waſſerſammlungen, welche ebenfalls eigene Nahmen haben.

Die drey großen Feſtlande, deren eines die ſogenannte alte Welt (Europa, Aſia und Afrika) enthält, das andere Amerika, das

dritte Neuholland heißt, ſind ohnedieß allgemein bekannt; eben ſo werden hier die Nahmen der Inſeln, die der verſchiedenen Theile des Oceans, der Flüſſe, Seen u. ſ. w. als bekannt vorausgeſetzt.

## Das feſte Land.

§. 1010. Im Ganzen liegen die verſchiedenen Stellen des feſten Landes deſto höher, je weiter ſie von dem Meere entfernt ſind; doch iſt außerdem die Oberfläche der Erde bekanntlich ſehr uneben. Die Erhöhungen nennet man, wenn ſie beträchtlich ſind, Berge; ſind ſie weniger beträchtlich, Hügel; die dazwiſchen liegenden Vertiefungen, Thäler; große Strecken ohne dergleichen Erhöhungen heißen Ebenen. Berge ſind manchmahl einzeln (iſolirt); mehrentheils aber ſtoßen mehrere an einander, und bilden Reihen (Gebirgsketten). Man nennet die Berge hoch, wenn ihre Höhe wenigſtens 6000 Fuß beträgt; von mittlerer Höhe, wenn ſie zwiſchen 3000 bis 6000 Fuß fällt, und niedrig, wenn ſie weniger beträgt als 3000 Fuß. In Beziehung auf die allgemeinen Erhöhungen oder Vertiefungen großer Theile der Erdoberfläche unterſcheidet man die Hochlande von den Niederungen; jene und dieſe haben oft eine ſehr große Verbreitung.

§. 1011. In Beziehung auf ihre innere Structur theilt man alle zur Oberfläche der Erde gehörigen Maſſen, mögen ſie übrigens Berge oder Ebenen ſeyn, in folgende Claſſen ein: Urgebirge, Übergangsgebirge, Flötzgebirge, aufgeſchwemmte Gebirge, vulkaniſche Gebirge. Man ſieht, daß hier das Wort Gebirge nicht in dem Sinne des Geographen genommen wird; jede bedeutende Gebirgsmaſſe heißt hier ein Gebirge. —

1) Urgebirge nennt man diejenigen, die niemahls auf einem Gebirge der folgenden Claſſen liegen, über welche aber wohl die letztgenannten oft liegend angetroffen werden. Sie werden für die älteſten gehalten; denn ſie enthalten keine Spur von Verſteinerungen organiſcher Körper. Ihre Geſteinmaſſen haben ein kryſtalliniſches Gefüge; die Beſtandtheile derſelben ſind

größtentheils Talkerde, Kieſelerde, Thonerde, weniger Kalkerde Zu jenen Geſteinmaſſen gehören vorzüglich: der Granit, der Porphyr, der Gneis. — Metalle ſind in ihnen in großer Menge vorhanden; ſie haben eigene Lagerſtätten; die vorzüglichſten derſelben werden Lager und Gänge genannt.

2) Übergangsgebirge nennt man diejenigen, welche Spuren zeigen, daß ſie ſpäter als die Urgebirge entſtanden ſind, früher aber als die Flötzgebirge. Sie erſcheinen zum Theil als chemiſche, zum Theil aber ſchon als mechaniſche Niederſchläge, und haben oft ein erdiges Anſehen. Ihre Beſtandtheile ſind meiſtentheils Thon- und Kalkerde, auch wohl Kieſelerde. In ihnen findet man Abdrücke und Verſteinerungen von Zoophyten, Schalthieren, See- und Sumpfpflanzen. Originale von dieſen Verſteinerungen ſind größtentheils nicht mehr zu finden. Wo die Übergangsgebirge mit Ur- und Flötzgebirgen vorkommen, ruhen ſie immer auf den erſtern, und werden von den letztern bedeckt.

3) Zu den Flötzgebirgen rechnet man diejenigen, in welchen gemeiniglich ſehr verſchiedene Gebirgsarten in Lagern, welche man Flötze nennt, mit einander abwechſeln. Sie erſcheinen immer über den zwey früher genannten Gebirgen gelagert, niemahls dieſe über jenen. Sie haben größtentheils das Anſehen von mechaniſchen Niederſchlägen älterer, theilweiſe zerſtörter Gebirge; wohl auch von chemiſchen Niederſchlägen, welche aber nicht das kryſtalliniſche Gefüge der Ur- und Übergangsgebirge zeigen. Sie ſind großentheils kieſel- und thonartig, noch mehr aber kalkartig. Ferner enthalten ſie eine Menge Abdrücke und Verſteinerungen von Pflanzen, Korallen, Schalthieren, Fiſchen, Inſecten u. d. m. Sie ſind erzführend.

4) Die aufgeſchwemmten Gebirge (auch das aufgeſchwemmte Land geheißen) beſtehen größtentheils aus mechaniſchen Aufſchwemmungen theilweiſe zerſtörter älterer Gebirge. Sie enthalten auch begrabene Pflanzen und Reſte von Landthieren, Amphibien und Waſſerthieren (aber nicht von Thieren aus dem Meere). Sie haben nie ein ſonderlich feſtes Gebirgsgeſtein, auch die Trümmer jener ältern Gebirge bilden meiſt eine zerreibliche erdige Maſſe, oder ſind loſe und höchſtens mit einem lockern

Bindemittel verbunden. Ihre Bildung wird noch fortgeſetzt. Oft ſind ſie gar nicht bedeckt, meiſtentheils aber von der Dammerde. Gewöhnlich ſind ihre Lagerungen horizontal. Über die ältern Gebirge ſind ſie theils gleichförmig (übrigens mehr oder weniger geneigt), theils ungleichförmig gelagert. — Sie bilden das niedrige ebene Land, manchmahl auch flache Berge und Hügel.

5) Vulkane. So nennt man diejenigen Berge, welche Rauch, Flamme, Steine und Ströme von geſchmolzener Maſſe (gewöhnlich Lava genannt) auswerfen. Es gibt auch ſolche, aus welchen Schlamm ausgeworfen wird. Sie haben meiſtens eine kegelähnliche Geſtalt. Die Öffnung eines Vulkans nennet man **Krater**. Sie iſt ein trichterförmiger Schlund, und kann ſich auf dem Gipfel oder dem Abhange eines Vulkans befinden, auch können mehrere Öffnungen vorhanden ſeyn. Manche Vulkane ſind ausgebrannt, ihre Krater ſind oft mit Waſſer gefüllt.

Vulkaniſche Producte. Zu dieſen zählet man außer der Lava vorzüglich den Baſalt (ein löcheriges, poröſes, mit Olivin durchwachſenes Geſtein, welches meiſtens in ſechsſeitigen Säulen erſcheint, die mit mancherley Zwiſchenräumen auf einander und neben einander geſchichtet ſind); dann eine Felsart, die man Trachyt (von τραχύς, rauh) nennt, und welche aus einer feinkörnigen Maſſe mit innenliegenden Kryſtallen von glaſigem Feldſpath beſteht, und (nach v. Buch) aus Granit durch Einwirkung heißer Dämpfe entſtanden ſeyn ſoll.

Es gibt eine Menge Vulkane auf der Erde; wir wollen nur einige der bekannteſten nennen, als: Ätna in Sicilien, gleichfalls dort Macaluba, welcher Schlamm und Steine auswirft; Veſuv bey Neapel; Hekla auf Island, wo mehrere ſich befinden, welche ſämmtlich Schlamm auswerfen, und welches überhaupt ein durchaus vulkaniſches Land iſt; mehrere Vulkane auf Kamtſchatka; die Vulkane in Peru, davon die vorzüglichſten Pitchincha und Cotopaxi u. a. m.

§. 1012. Urſache der vulkaniſchen Ausbrüche. Darüber hat es nach dem verſchiedenen Zuſtande der naturwiſſenſchaftlichen Kenntniſſe in den verſchiedenen Zeiten auch verſchiedene Meinungen gegeben. Die Hauptbedingung dieſer Erſcheinungen iſt eine im Innern der Erde Statt findende ſtarke Er-

hiżung, durch welche einerſeits die dort befindlichen Stoffe zum Schmelzen und Glühen gebracht, andererſeits gaſige Stoffe entwickelt werden, die durch die mittelſt der Hiże ſo hoch geſteigerte Expanſivkraft die glühenden und geſchmolzenen Maſſen mit Gewalt auszuwerfen im Stande ſind. Nimmt man nun (nach §. 717.) an, daß die Erde im Innern ſich in einem glühenden Zuſtande befinde, und tritt Waſſer in dieſe Tiefen: ſo läßt ſich theils aus der Zerſeżung desſelben durch Berührung mit oxydirbaren Stoffen, theils aus der Bildung von glühend heißen Dämpfen und der ungeheuern Spannkraft dieſer leżtern das Übrige allerdings herleiten. Manche ſind indeſſen geneigt, dieſe Erſcheinungen der gegenſeitigen chemiſchen Einwirkung der Stoffe im Innern der Erde zuzuſchreiben, indem ſie z. B. annehmen, das Eindringen des Waſſers auf Steinkohlenflöże u. dgl. erzeuge eine ſtarke Erhiżung, deren Folge theils die Zerſeżung des Waſſers ſey, theils die Bildung glühend heißer Dämpfe, Schmelzungen der Stoffe u. ſ. w. — So viel iſt übrigens höchſt wahrſcheinlich, daß die Herde der Vulkane in äußerſt bedeutenden Tiefen ſich befinden, und von ſehr großem Umfange ſeyn mögen. Humboldt iſt der Meinung, daß die meiſten Vulkane mit einander in Verbindung ſtehen, weil ihre Ausbrüche oft zuſammen treffen.

§. 1013. Die Erdbeben haben wohl mit den vulkaniſchen Ausbrüchen dieſelbe Urſache; auch ſind ſie am häufigſten in Gegenden, wo Vulkane ſich befinden.

§. 1014. Höhlen. In den Gebirgen befinden ſich hin und wieder Höhlen von verſchiedener Größe; beſonders häufig ſind ſie in den Kalkgebirgen. Die Höhlen der leżteren haben oft Gänge von verſchiedener Höhe, Richtung und Größe, worin der Tropfſtein Pfeiler und allerley Figuren bildet; auch trifft man Waſſerſammlungen darin an. Ferner finden ſich darin oft Knochen, Zähne und Gerippe von Landthieren.

In Deutſchland iſt beſonders merkwürdig die Baumannshöhle auf dem Harz. In Krain gibt es mehrere ſehenswerthe Höhlen (z. B. die Adelsberger Grotte); ſo auch in Steyermark die Mix-

nitzer Höhle im Brucker Kreiſe; mehrere Höhlen in Ungarn (z. B. die Veteraniſche Höhle im Temeswarer Banat, welche 700 Mann faßt) u. dgl. Eine der berühmteſten Höhlen iſt die Grotte auf Antiparos, einer Inſel im Archipel. Die Hundsgrotte bey Neapel iſt wegen ihres erſtickenden Schwadens bekannt. Höchſt merkwürdig iſt auch die Fingalshöhle auf der Inſel Staffa bey Schottland. Dieſe Inſel ſoll beynahe ganz aus Baſalt gebildet, und nach der Seeſeite mit ſchönen Baſaltſäulen beſetzt ſeyn; eben ſolche Säulen bilden die Wände der genannten Höhle, deren Breite über 50 Fuß angegeben wird, die Höhe über 100, die Tiefe auf 370 Fuß.

## Das Meer.

§. 1015. Hier ſoll nur Einiges von dem Boden des Meeres, von den Bewegungen desſelben, und von einigen beſonderen Eigenſchaften des Meerwaſſers kurz angeführt werden.

§. 1016. Der Boden des Meeres iſt der Oberfläche des feſten Landes ähnlich. Er enthält (in ſo weit er bekannt iſt), eben ſo wie das Land, Hochlande mit ihren Gebirgen, und Niederungen mit Bergen, Hügeln und Ebenen; feuerſpeyende Berge fehlen dem Meere ebenfalls nicht; auch hat es ſüße Quellen. — Im Ganzen nimmt die Meerestiefe zu mit der Entfernung vom Lande; iſt mithin geringer in den Meerbuſen, noch geringer in den Meerengen. Die größte gemeſſene Tiefe ſoll 1200 Klafter betragen. Sie nimmt deſto ſchneller zu, je ſteiler die Küſten ſind.

Höchſt merkwürdig ſind die ſogenannten Korallenbänke (Korallenriffe). Sie ſind ein Erzeugniß jener Zoophyten, welche man Korallen nennt. Gewöhnlich findet man ſie in der Nähe von Inſeln, die von ihnen wie von einer Mauer umgeben ſind. Es gibt Inſeln, welche ganz daraus gebildet ſind (z. B. mehrere Inſeln in der Südſee).

§. 1017. Bewegungen des Meerwaſſers. Darunter iſt vorzüglich diejenige bemerkenswerth, welche Ebbe und Fluth genannt wird, nähmlich ein täglich zwey Mahl wiederkehrendes Steigen und Sinken des Meerwaſſers, deſſen Erſcheinungen, genauer angegeben, folgende ſind: 1) Ebbe und Fluth

hat Statt bis zu einer Entfernung von etwa 65° vom Äquator, darüber hinaus iſt ſie kaum mehr wahrzunehmen. 2) Zwiſchen den Wendekreiſen ereignet ſie ſich an den Orten, die in demſelben Meridian liegen, zu derſelben Zeit; außer den Wendekreiſen tritt ſie in größerer Breite ſpäter ein als in geringerer. 3) Ebbe und Fluth tritt früher an den öſtlichen Küſten ein als an den weſtlichen; und wo kein Hinderniß obwaltet, fließt in der Regel das Waſſer bey der Ebbe nach Weſten zu ab. 4) An einem und demſelben Orte tritt die Ebbe und Fluth binnen einem Mondestage (d. h. im Mittel in 24 St. 50 M.) vier Mahl ein, zwey Mahl nähmlich die Fluth (das Steigen) und zwey Mahl die Ebbe (das Sinken); ſie verſpätet ſich alſo täglich etwa um 50 Minuten. 5) Man beobachtet ein größeres Steigen und Sinken zur Zeit des Neumondes und des Vollmondes (da nähmlich die Sonne, der Mond und die Erde in derſelben geraden Linie liegen); ein kleineres aber zur Zeit des erſten und letzten Viertels (§. 126.), da nähmlich die Sonne und der Mond (von der Erde aus geſehen) um 90 Grade von einander abſtehen. Aber nicht genau zu den genannten Zeiten ſind Ebbe und Fluth am größten und kleinſten, ſondern erſt etwa am zweyten Tage nach denſelben. 6) Am größten iſt die Ebbe und Fluth beym Neu- und Vollmonde zur Zeit der Nachtgleichen. Die größeren Fluthen nennet man Springfluthen. — Aus den angegebenen Erſcheinungen ergibt ſich, daß die Stellung des Mondes und der Sonne auf dieſe Bewegung des Waſſers einen Einfluß habe. Auch ſucht man die Ebbe und Fluth aus der Anziehungskraft dieſer beyden Himmelskörper (beſonders des Mondes) zu erklären.

Sie pflegt auf folgende Art erklärt zu werden. Es ſey a b d e (Zeichn. 515.) die Erdkugel. Wenn dieſe überall von Waſſer umgeben wäre, und ſie allein das Waſſer anzöge: ſo müßte dieſes ringsum eine gleiche Höhe haben. Nur wegen der Umdrehung der Erde müßte es zwiſchen den Wendekreiſen höher ſtehen, als in der Nähe der Pole: dennoch würde es am Äquator überall gleich hoch ſeyn; und ſo wäre denn hier die Oberfläche des Waſſers $\alpha\ \beta\ \delta\ \varepsilon$. — Nun denke man ſich den Mond hinzu; er ſey in L. Er wirket anziehend auf die ganze Erde, alſo auch auf die Gewäſſer, und es iſt demnach das Beſtreben des Waſſers gegen den Mond hin ſich zu bewegen

in α am größten, in δ am kleinſten, nicht etwa, weil die Erde dazwiſchen ſteht, ſondern weil δ vom Monde weiter entfernt iſt; in den mittleren Stellen dagegen iſt es etwa ſo groß, wie das des Mittelpunctes der Erde ſelbſt, mithin gleich dem Annäherungsbeſtreben des ganzen Erdkörpers. Es iſt demnach der Einfluß des Mondes ſo, als ob durch ihn in α und δ die Schwere des Waſſers verringert würde (in α, weil es ſtärker gegen den Mond gezogen wird als der Mittelpunct; in δ, weil es ſchwächer gegen den Mond hingezogen wird). Die nothwendige Folge iſt, daß es in β und ε, wo nun ſeine Schwere relativ größer iſt, niedriger, in α und δ aber höher ſtehen muß, es wird alſo in α und δ Fluth, in β und ε Ebbe ſeyn; α und δ liegen in einem und demſelben Meridian, und β mit ε ebenfalls in einem und demſelben. — Da der Mond immer über dem öſtlicher liegenden Orte früher ſteht, als über dem weſtlicher liegenden: ſo muß jener eher Ebbe und Fluth haben. Da ferner der Mond erſt nach 12 Stunden 25 Minuten wieder in denſelben Meridian tritt: ſo muß die Zwiſchenzeit von der einen Fluth auf die nächſte 12 Stunden 25 Minuten betragen. Über den Wendekreiſen endlich muß dieſe Erſcheinung im Ganzen unmerklicher werden, weil hier der Mond immer in einer ſchiefern Richtung wirkt.

Auf dieſelbe Weiſe, wie der Mond, wirkt auch die Sonne auf das Waſſer, nur iſt ihre Wirkung ſchwächer. Wenn alſo die Sonne mit der Erde und dem Monde in einer und derſelben geraden Linie ſich befindet, wenn ſie ſich alſo in S oder S′, und der Mond in L befindet: ſo wirken Sonne und Mond zuſammen ein, und ihre Wirkungen werden vergrößert; Ebbe und Fluth iſt daher ſtärker. Wenn die Sonne und der Mond in den Quadraturen ſind, wenn alſo die Sonne in s oder s′ ſich befindet: ſo ſchwächen ihre Einwirkungen einander gegenſeitig, und Ebbe und Fluth muß geringer werden. Ferner wird im erſtern Falle die Fluth um deſto größer ſeyn, je mehr die Sonne und der Mond nach ganz gleichen, oder ganz entgegengeſetzten Richtungen wirken. Da aber zur Zeit der Nachtgleichen dieſe Körper beyde im Äquator ſind: ſo wird Ebbe und Fluth zur Zeit des Neu- oder Vollmondes der Nachtgleichen am größten ſeyn.

Das höchſte Steigen des Waſſers tritt nicht ein mit dem Durchgange des Mondes durch den Meridian des Ortes, ſondern erſt zwey bis drey Stunden darnach; auch die größte Ebbe und Fluth bemerkt man (wie gemeldet worden iſt) nicht an jenem Tage ſelbſt, an dem dieſe Körper in dieſelbe Linie kommen, ſondern etwa an dem zweyten nach dieſer Zeit. Die Urſache davon iſt, weil eine gewiſſe

Zeit erfordert wird, um dieſer Waſſermaſſe die Bewegung mitzutheilen.

Übrigens muß angemerkt werden, daß die ganze Erde nicht von allen Seiten mit Waſſer umfloſſen iſt (wie Jedermann weiß); jedoch iſt die Ausbreitung des Waſſers im Ocean ſo groß, daß es einen hinlänglichen Raum einnimmt, um jene Erſcheinungen zu geben.

An der Ebbe und Fluth müſſen übrigens (ſowohl in Beziehung auf den Grad, als auf die Zeit und die Dauer derſelben) verſchiedene Veränderungen herbeygeführt werden durch die Lage des Ortes, durch die Richtung der Meerengen, durch die Geſtalt des Geſtades, durch die Winde.

§. 1018. Außer der Ebbe und Fluth bemerket man noch andere Bewegungen am Meere. Die vorzüglichſten ſind: 1) Eine allgemeine Strömung des Meerwaſſers in der Nähe des Äquators von Oſten nach Weſten, Äquatorialſtrom, auch Dienung genannt. Für deſſen Haupturſache hält man die Ebbe und Fluth (da nähmlich das Steigen des Waſſers immer von Oſten nach Weſten geſchieht, ſo bekömmt dasſelbe ein Beſtreben, in dieſer Richtung ſich fortzubewegen); — für eine mitwirkende aber den immerwährenden Oſtwind zwiſchen den Wendekreiſen, von welchem in der Lehre von der Atmoſpäre noch die Rede ſeyn wird. — 2) Beſondere örtliche Strömungen, deren Richtung und Geſchwindigkeit verſchieden iſt. Man beobachtet ſie an verſchiedenen Stellen der Meere. Sie ſcheinen von mancherley Umſtänden abzuhängen, vorzüglich von der Lage der Küſten, Inſeln, Vorgebirge, Meerbuſen, Meerengen, wodurch die allgemeine Strömung manche Störung und Ablenkung erleidet. — An mehreren Orten gibt es auch entgegengeſetzte Strömungen. — 3) Wirbel oder Strudel. Sie entſtehen vorzüglich, wenn Strömungen eine Abänderung erleiden durch Unebenheiten des Meerbodens, nähmlich durch Klippen, Sandbänke und Untiefen u. d. m. — 4) Die Wellenbewegung, von welcher ſchon (§. 374., §. 375.) iſt geſprochen worden.

§. 1019. Unter die bemerkenswerthen Eigenſchaften des Meerwaſſers gehört, daß es ſalzig und bitter iſt

(davon die darin aufgelöſten Salze die Urſache ſind); ferner, daß es (eben jener aufgelöſten Salze wegen) ein größeres ſpecifiſches Gewicht hat, als das Flußwaſſer. — Überdieß gehört es zu den Merkwürdigkeiten des Meeres, daß es zur Nachtzeit oft leuchtend erſcheint. Manchmahl verbreitet ſich ein Licht über dem Meere, jenem ähnlich, das man an manchen phosphorescirenden Thieren bemerkt; und wahrſcheinlich kommt es auch von ihnen her, weil man bey Unterſuchung ſo eines leuchtenden Waſſers wirklich unzählige derley Thierchen darin entdecket hat. Auch gibt es verſchiedene größere leuchtende Seethiere (§. 719. Zuſ.). Öfters ſtellt ſich ein Leuchten des Meeres nach warmer Witterung ein, vorzüglich bey einer Windſtille; die Urſache davon ſcheinen die im Meere faulenden animaliſchen Subſtanzen zu ſeyn. Oft dagegen, wenn die Winde heftig blaſen, erſcheint das Waſſer an ſchnell ſegelnden Schiffen und auch hinter denſelben leuchtend; ſo ſcheint auch zuweilen zur Zeit eines Sturmes das Meer ganz feurig zu werden.

### Gewäſſer des feſten Landes.

§. 1020. Hierher gehören: **Quellen, Bäche, Flüſſe, Ströme, Seen, Binnenmeere, Sümpfe** und **Moräſte**.

§. 1021. Der Ausgang eines unter der Erde befindlichen Waſſers heißt eine **Quelle**. Über den Urſprung derſelben gab es verſchiedene Meinungen. Für die wahrſcheinlichſte wird, wenigſtens in Beziehung auf die meiſten Quellen, die gehalten, nach welcher das Quellwaſſer dasſelbe iſt, welches aus dem Meere und andern Gewäſſern verdünſtet, und dann aus der Atmoſphäre als Regen, Schnee, Nebel ꝛc. ſich niederſchlägt. Dieſes wird vorzüglich von der Oberfläche der Berge, welche ſo oft von Wolken umgeben ſind, aufgenommen, dringt durch die verſchiedenen Erdſchichten, bis es an irgend eine Schichte kömmt, die es nicht durchläßt. Hier ſammelt es ſich, ſucht irgendwo ſeitwärts einen Ausweg, und quillt hervor. Dieſes kann ſelbſt in beträchtlichen Höhen der Fall ſeyn; gewöhnlich aber zieht es ſich bis gegen den Fuß des Berges.

Bey dieſer Erklärungsart wird nichts angenommen, als was wirklich Statt findet. Ferner ſpricht für die Wahrſcheinlichkeit derſelben, daß dort weniger Quellen gefunden werden, wo ſich weniger atmoſphäriſches Waſſer niederſchlägt (z. B. in den ſüdlichen Gegenden von Afrika), dann daß in manchen Quellen das Waſſer bey anhaltend trockener Witterung vermindert wird, endlich daß die größten Flüſſe am Fuße hoher Gebirge entſpringen, deren Gipfel das ganze Jahr hindurch mit Schnee bedeckt ſind. — Man hat die Frage geſtellt, ob denn das atmoſphäriſche Waſſer wohl hinreiche zur Verſorgung der Quellen, da doch ein bedeutender Theil davon wieder verdünſtet, und ein eben ſo bedeutender als Nahrungsmittel der Pflanzen verbraucht wird. Darüber angeſtellte Rechnungen (die auf genaue Beobachtungen gegründet waren) haben indeſſen die Hinlänglichkeit desſelben ausgewieſen. Beſonders hat Mariotte um dieſen Gegenſtand ſich verdient gemacht.

Manche Phyſiker erklärten den Urſprung der Quellen durch eine Art Deſtillationsprozeß. Sie dachten ſich unterirdiſche mit dem Meere in Verbindung ſtehende Waſſerbehälter. Aus dieſen ſteigt (nach ihrer Meinung) das Waſſer mittelſt unterirdiſcher Wärme in Dampfgeſtalt durch eine Menge Ritzen und Spalten in den Gebirgen empor, wird, je höher es hinauf kömmt, immer mehr abgekühlt, wird ſo wieder zu tropfbar flüſſigem Waſſer, ſickert durch das Erdreich, und tritt endlich irgendwo hervor; durch Verdampfung hat es zugleich ſeinen Salzgehalt verloren. — Nach Dolomieu's Beobachtungen ſollen in der Nähe von Vulkanen wirklich einige Quellen ihre Entſtehung einer unterirdiſchen Verdampfung zu danken haben; dieſes iſt aber kein Grund, einen ähnlichen Urſprung bey allen vorauszuſetzen.

Nach einer noch andern Hypotheſe hat man angenommen, daß das Meerwaſſer durch die Zwiſchenräume der verſchiedenen Erdſchichten durchſickere, ſich nach den entfernteſten Gegenden hinziehe, und ſo wie in Haarröhrchen auch in die Höhe ſteige, endlich oft in bedeutenden Höhen hervorquille. — Durch bloße Durchſickerung könnten höchſtens in der Nähe des Meeres Quellen entſtehen, welche aber nicht höher, vielmehr tiefer als die Meeresoberfläche liegen müßten. — Einer ähnlichen Durchſickerung des Waſſers haben auch gegrabene Brunnen, die nahe an Flüſſen oder Seen liegen, ihren Urſprung zu danken. Doch auch hier iſt ein Theil des Waſſers ein aus der Atmoſpäre niedergeſchlagenes. — Auf eine ähnliche Weiſe dringt das Waſſer in die Keller.

Die Quellen ſind in Hinſicht auf Dauer entweder beſtändige, welche

nähmlich zu allen Zeiten faſt dieſelbe Waſſermenge führen; oder periodiſche, in welchen nicht immer gleichviel Waſſer vorhanden iſt. Die Erklärung derjenigen, welche zur Regenzeit eine größere Waſſermenge haben, iſt ohne Schwierigkeit. Es gibt aber auch ſolche, welche faſt alles Waſſer verlieren, wenn dieſes eine gewiſſe Höhe erreicht hat. Die Erklärung der letztern iſt ſchon gelegenheitlich (im §. 455. Zuſ.) gegeben worden.

§. 1022. Das Quellwaſſer iſt nie rein, ſondern enthält immer einige fremdartige Theile aufgelöſt. Die Urſache davon iſt, weil das Waſſer mit zu vielen Materien chemiſche Verwandtſchaft hat. Da es nun durch ſo verſchiedene Erdſchichten fließt, ſo muß es mancherley in dieſen Schichten enthaltene Materien in ſich aufnehmen. — Daher pflegt das Waſſer ſolcher Quellen, welche in einer bedeutenden Höhe entſpringen, mehr rein zu ſeyn. — Vorzüglich wird etwas Kohlenſäure in dem Quellwaſſer aufgelöſt gefunden. Daher pflegt auch Waſſer, welches durch längere Zeit der Luft ausgeſetzt iſt, geſchmacklos zu werden, weil es die Kohlenſäure verliert.

Der größte Theil der gewöhnlichen Quellen enthält Waſſer, worin kohlenſaurer Kalk, Gyps, ja ſelbſt Neutralſalze (z. B. Kochſalz) aufgelöſet ſind. — Quellen, deren Waſſer eine beträchtliche Menge fremder Theile aufgelöſt enthält, pflegt man Mineralquellen zu nennen.

Viele Mineralwäſſer haben eine bedeutend höhere Temperatur, als die, ſie umgebende, Atmoſphäre; ſie werden warme Quellen genannt.

§. 1023. Aus dem ſich vereinigenden Waſſer mehrerer Quellen entſteht bekanntlich ein Bach, aus mehreren Bächen ein Fluß, aus mehreren Flüſſen ein großer Fluß, ein Strom u. ſ. w. Es gibt indeſſen Bäche und Flüſſe, welche unmittelbar aus dem Regenwaſſer oder dem geſchmolzenen Schnee ihren Urſprung haben, wie dieß z. B. in der Schweiz der Fall iſt, wo in hohen kalten Gebirgsgegenden immer große Maſſen von Schnee und Eis aufgehäuft ſind.

Der Weg eines Stromes wird durch die Lage der Berge und Thäler u. ſ. w. beſtimmt. Wie ſeine Geſchwindigkeit von dem Gefälle, von der Breite des Flußbettes, von der Beſchaffen-

heit des Bodens u. ſ. w. abhänge, davon iſt ſchon in der Lehre von den Bewegungen des Waſſers in einem Rinnſale (§. 369. bis §. 372.) geſprochen worden.

§. 1024. Stehende Gewäſſer von bedeutendem Umfange, welche mit dem Meere keinen oder nur mittelbaren Zuſammenhang haben, nennet man Seen, auch Landſeen. Iſt der Umfang eines ſolchen Gewäſſers ſehr groß: ſo heißt es auch wohl ein Binnenmeer. In die Landſeen ergießen ſich manchmahl ſehr beträchtliche Flüſſe.

Zu den merkwürdigſten Seen gehört das Caspiſche Meer. In dieſen See ergießen ſich mehrere Flüſſe, darunter Europens größter Fluß, die Wolga; der See hat keinen ſichtbaren Abfluß, und dennoch ſcheint die Oberfläche desſelben nicht erhöht zu werden. Wohin kommt die Menge des zufließenden Waſſers? Man glaubt, daß er ſo viel Waſſer durch Ausdünſtung verliere, als er empfängt. Manche wagten die Vermuthung, daß er durch unterirdiſche Kanäle mit dem ſchwarzen Meere oder mit dem perſiſchen Meerbuſen in Verbindung ſtehen dürfte.

§. 1025. Waſſerſammlungen ohne Abfluß, deren Waſſer durch Vermiſchung mit erdigen Theilen einiger Maßen ſeine Flüſſigkeit verloren hat, nennet man Moräſte oder Moore, auch Sümpfe. Manche geben indeſſen den letztern Nahmen wohl auch allen Seen, welche keinen ſichtbaren Abfluß haben. Die eigentlichen Moräſte laſſen ſich in zwey Hauptclaſſen bringen. Zur erſten gehören ſolche, deren Waſſer vorzüglich mit ſandigen und lehmigen Theilen gemengt iſt; zur zweyten ſolche, welche Torf enthalten. Dieſer beſteht aus verweſeten Wurzeln verſchiedener Sumpfpflanzen, die oft zum Theil mit Erdharz durchdrungen ſind.

Der Torf läßt ſich verkohlen, und ſo zu verſchiedenem Gebrauche tauglicher machen. — Man findet auch alte ausgetrocknete Torflager öfters mitten unter andern Erdſchichten.

## II. Erſcheinungen in der Atmoſphäre.

§. 1026. Was wir unter der Erdatmoſphäre verſtehen, iſt ſchon anderswo (§. 395.) geſagt worden. Auch iſt be-

reits (§. 396. u. 711. Zuſ.) erinnert worden, daß diejenige ausdehnſame Flüſſigkeit, welche wir atmoſphäriſche Luft nennen, nicht der einzige Beſtandtheil der Erdatmoſphäre ſey. Die verſchiedenen ſowohl conſtanten als wechſelnden Beſtandtheile, nebſt den Methoden ihre verhältnißmäßige Menge aufzufinden, ſind gleichfalls im §. 711. angegeben worden. — In dieſer Atmoſphäre werden mancherley Erſcheinungen wahrgenommen, die man Lufterſcheinungen oder Meteore nennt. — Die Lehre von der Atmoſphäre überhaupt heißt Atmoſphärologie, in Beziehung auf die Lufterſcheinungen aber Meteorologie. — Man kann, um die Meteore leicht zu überſehen, ſie unter mehrere Abtheilungen bringen, welche im Folgenden der Reihe nach betrachtet werden ſollen.

## Wärme-Meteore.

§. 1027. Unter Wärme-Meteoren verſteht man alle Veränderungen in der Temperatur der Atmoſphäre.

Die vorzüglichſte Quelle der Wärme auf der Erde iſt das Sonnenlicht, deſſen erwärmende Wirkung aus §. 862. erhellet. Von der erwärmten Erde erhält die Atmoſphäre ihre Wärme vorzüglich durch Mittheilung; denn die unmittelbare Erwärmung durch das Sonnenlicht oder durch Wärmeſtrahlen der erwärmten Erde, kann, wenn ſie Statt findet, nur eine äußerſt geringe ſeyn (§. 862. Nr. 1). Wäre nun die Erde eine vollkommene Kugel, und ihre Oberfläche überall gleichartig: ſo müßten ſich die Temperaturen verſchiedener Gegenden zu einander verhalten, wie die Menge des Sonnenlichtes, welches unter verſchiedenen Winkeln auf dieſe Oberfläche auffällt. Dieſe Menge des Sonnenlichtes und die Dauer der Einwirkung desſelben für jeden Tag hängt wieder ab von der geographiſchen Lage eines Ortes, durch welche die Länge der Tage und Nächte und der Winkel, unter welchem die Sonnenſtrahlen auffallen, beſtimmt wird (§. 167.). Auf dieſer geographiſchen Lage beruhet mithin der periodiſche Gang der Temperatur in den verſchiedenen Gegenden der Erde, während eines Umlaufes derſelben um die Sonne. In Beziehung auf dieſe großen, ſich jährlich wiederhohlenden Perioden

werden folgende Jahreszeiten angenommen: 1) in der heißen Zone zwey (die naſſe und die trockene); 2) in den gemäßigten Zonen vier (Frühlung, Sommer, Herbſt, Winter); 3) in den kalten Zonen an den Polarkreiſen zwey (ein ſehr kurzer Sommer und ein langer Winter); 4) in den kalten Zonen, bey den Polen ſelbſt, eine Jahreszeit (ein ewiger Winter). — Dieſe Jahreszeiten ſind einander immer ſo entgegengeſetzt, daß, wenn in der heißen Zone der nördlichen Halbkugel die trockene Jahreszeit eintritt, in der heißen Zone der ſüdlichen Halbkugel die feuchte Jahreszeit Statt hat, und umgekehrt; daß eben ſo zur Sommerzeit der nördlichen gemäßigten Zone in der ſüdlichen Halbkugel der Winter herrſcht, und umgekehrt, und auf dieſelbe Art auch der Frühlung dem Herbſte entgegengeſetzt iſt. So beſtimmt mithin die geographiſche Breite eines Ortes ſein aſtronomiſches Klima.

§. 1028. Unterſchieden davon iſt aber das phyſikaliſche Klima, welches von mehreren Umſtänden abhängt, die auf die Erhöhung oder Erniederung der Temperatur einen wichtigen Einfluß haben. Die vorzüglichſten derſelben ſind folgende: 1) Die Höhe des Ortes. Denn daß die Wärme in der Atmoſphäre nach oben zu abnehmen müſſe, iſt aus der Erwärmungsweiſe der Atmoſphäre nach §. 1027. einleuchtend. — Überdieß iſt auch die dünnere Luft (wie ſie auf Bergen vorkömmt) der Ausdünſtung mehr günſtig; Ausdünſtung aber erzeugt Kälte. — Es gibt mithin eine gewiſſe Höhe über jedem Orte der Erde, in welcher die Temperatur nie über den Aufthauungspunct ſteigt, in welcher alſo Schnee und Eis niemahls ſchmelzen; man nennt ſie die Schneegränze. Sie iſt begreiflicher Weiſe für verſchiedene Gegenden verſchieden.

2) Die Lage eines Ortes in Beziehung auf die herrſchenden Winde. Iſt nähmlich die Lage der Gebirge ſo, daß ſie die Luftſtröme aus wärmeren Gegenden zulaſſen, kalte Winde dagegen aufhalten: ſo iſt die Temperatur höher, im entgegengeſetzten Falle dagegen niedriger, als ſie, den übrigen Umſtänden zu Folge, ſeyn würde.

3) Die Nachbarſchaft des Meeres und anderer großen Gewäſſer. Durch ſie wird ſowohl die Hitze als die Kälte gemäßigt. Das Waſſer nähmlich wird langſamer kalt als das trockene Land, weil es ein ſchlechterer Wärmeleiter iſt und weniger Wärme ausſtrahlt; es vermindert demnach zur Winterszeit die Kälte. Allein das Waſſer dünſtet auch beſtändig aus, die Ausdünſtung kühlt ab (§. 684.): mithin wird zur Sommerszeit die Hitze vermindert.

4) Die Nachbarſchaft von Wäldern. Dieſe halten die Sonnenſtrahlen auf, und ſchützen Eis und Schnee lange gegen die Einwirkung derſelben; erniedrigen überdieß die Temperatur durch die bey dem Vegetationsprozeſſe Statt findende Ausdünſtung. Durch Verminderung der Waldungen werden daher rauhe Gegenden milder, warme dagegen zu heiß.

5) Beſchaffenheit des Bodens. Große Sandwüſten ſind heißer als fruchtbare Gegenden in derſelben Breite; denn dort wird durch Verdünſtung die Wärme nicht gebunden. Dunkles Erdreich erhitzt ſich ſtark, weil es aus den Sonnenſtrahlen viel Wärme abſorbirt (§. 862.).

Außer dieſen bleibenden Urſachen gibt es noch manche andere, welche eine vorübergehende Änderung der Temperatur bewirken können. So z. B. folgt auf Regengüſſe gewöhnlich Kälte (weil die Ausdünſtung vermehrt wird); ſo erzeugen Wolken und Nebel manchmahl Kälte, indem ſie die Sonnenſtrahlen aufhalten. Wenn ſich der Wind verändert, erfolgt auch eine Änderung der Temperatur u. dgl. m.

Nach der Verſchiedenheit der Umſtände, von denen das phyſikaliſche Klima abhängt, unterſcheidet man folgende Klimate: das Alpenklima, das Klima einzelner hoher Berge, das der Gebirgsebenen, der tiefen Ebenen, das Thalklima, Waldklima, das der Sandwüſten, der Sumpfländer, der Küſtenländer, der Inſeln.

Denkt man ſich Linien durch die Orte gezogen, welche dieſelbe mittlere Temperatur haben: ſo erhalten ſie den Nahmen der iſothermiſchen; Linien, die durch die Orte von gleicher Sommerhitze gehen, heißen iſotheriſche (von θέρος, Sommer); die durch die Orte von gleicher Winterkälte gezogenen aber iſochimiſche (von χεῖμα,

Winter). Würde die Wärme bloß durch die geographiſche Lage beſtimmt, ſo müßten (wie von ſelbſt einleuchtet) dieſe Linien Parallelkreiſe ſeyn. — Mittlere Temperatur nennt man das arithmetiſche Mittel aller Temperaturen, die in den Theilen irgend eines Zeitraumes Statt finden.

Nach Humboldt iſt die mittlere Temperatur am Äquator = 27° 7′ C.; am Nordpole, wenn es ein Land dort gibt, = — 32° C., wenn bloß Waſſer, = — 18° C. In Wien iſt die mittlere Temperatur des heißeſten Monates = 21° 4′ C., die des kälteſten = — 3° C., die des Jahres = 10° 3′ C. — Die Schneegränze liegt in der heißen Zone etwa 14000 bis 15000 Fuß über der Meeresfläche, in der gemäßigten Zone der nördlichen Halbkugel (zwiſchen 40 und 60° Breite) in einer Höhe von etwa 5000 bis 8000 Fuß; bey 70° etwa 3000 Fuß, und ſenkt ſich dann immer tiefer; nicht weit von den Polen berührt ſie die Oberfläche der Erde. —

Man hält die ſüdliche Halbkugel für kälter als die nördliche. — Zufolge des §. 1008. müſſen dieſe wenigen Angaben hier genügen.

### Eigentliche Luftmeteore. Strömungen.

§. 1029. Im engſten Zuſammenhange mit den Temperaturänderungen ſtehen die Änderungen des Gleichgewichtszuſtandes der Atmoſphäre. Die Folge davon ſind: 1) Strömungen (Winde), 2) veränderter Druck, der ſich durch das Steigen oder Fallen des Queckſilbers im Barometer offenbart.

§. 1030. Bey den Winden iſt vorzüglich zu berückſichtigen: die Geſchwindigkeit des Luftſtromes, die Richtung desſelben, dann ſeine Dauer.

1) Von der Geſchwindigkeit des Luftſtromes hängt ſeine Stärke ab; von ihr erhält er auch verſchiedene Benennungen, als: ſanftes Wehen der Luft, ſchwacher, mittelmäßiger, ſtarker Wind, Sturm, Orcan. Eine unmerkliche Bewegung der Luft nennet man Windſtille.

2) In Beziehung auf die Richtung iſt eine Luftſtrömung entweder horizontal oder (mehr oder weniger) auf- oder niederſteigend. Zuweilen geſchieht es auch, daß die Luft eine ſchnelle Kreisbewegung annimmt; dieſe Erſcheinung heißt Wirbel-

wind. — Der mehr oder weniger horizontale Wind kann endlich von einer oder der andern Weltgegend her wehen. Er bekommt dann den Nahmen von jener Gegend, und heißet Oſtwind, Weſtwind u. ſ. w. — Übrigens gibt es über derſelben Stelle der Erde in verſchiedenen Höhen oft mehrere Luftſtröme in verſchiedener Richtung. — Zur Beobachtung der Richtung eines Windes in Beziehung auf die Weltgegenden bedient man ſich am einfachſten der Windfahnen, auch Anemoſcope genannt. Überdieß läßt ſich dieſe Richtung auch an dem Zuge der Wolken, an der Bewegung des Rauches u. d. m. beobachten.

3) In Beziehung auf die Dauer und Periodicität theilt man die Winde in regelmäßige und in ſolche ein, die keiner beſtimmten Regel unterworfen ſind. Zu der erſten Claſſe gehören: 1) die beſtändigen Oſtwinde in den Meeren der heißen Zone (Paſſatwinde), 2) die periodiſchen Winde; — zu der zweyten Claſſe zählet man alle veränderlichen Winde.

§. 1031. Die Phänomene des beſtändigen Oſtwindes über den Meeren zwiſchen den Wendekreiſen ſind folgende. Die Richtung dieſes Windes iſt (wie ſchon der Nahme ausſagt) von Oſten nach Weſten. Nördlich über der Gegend, wo er wehet, ſtrömet die Luft von Nordoſt, ſüdlich darunter ſtrömet ſie von Südoſt, beyde Strömungen vereinigen ſich in die von Oſt. Übrigens iſt dieſer Wind, wo er ganz öſtlich iſt, äußerſt ſchwach und kaum wahrzunehmen. Ferner wehet der eigentliche Oſtwind nur zur Zeit der Nachtgleichen am Äquator ſelbſt; zur Zeit des nördlichen Sommers iſt die öſtliche Strömung in der Nachbarſchaft des nördlichen Wendekreiſes, zur Zeit des ſüdlichen Sommers in der Nachbarſchaft des ſüdlichen Wendekreiſes. — Die Urſachen dieſer Luftſtröme ſind: 1) Die Erwärmung der Luft, welche zwiſchen den Wendekreiſen am größten iſt. 2) Die Achſendrehung der Erde, wobey jede Stelle derſelben immerwährend von Weſten nach Oſten bewegt wird, zwar überall mit derſelben Winkelgeſchwindigkeit, wobey aber die lineare Geſchwindigkeit am Äquator die größte iſt, eine deſto kleinere dagegen, je weiter die Stelle vom Äquator entfernt iſt.

Die Erklärung ſelbſt aus den angegebenen Urſachen iſt folgende. Durch

die zwiſchen den Wendekreiſen herrſchende Wärme wird hier die Luft am meiſten ausgedehnt, und ſo das ſpecifiſche Gewicht derſelben vermindert. Sie ſteigt demnach empor, und verbreitet ſich über die Luft der kältern Regionen nach Norden und Süden; unten dagegen ſtrömet aus Norden und Süden die kältere Luft nach der heißen Zone hin. In der Nähe der Erde können natürlicher Weiſe nur die untern Ströme empfunden werden. Sie ſollten einander genau entgegengeſetzt ſeyn. Sie ſind es aber nicht; die Urſache davon iſt die Achſendrehung der Erde. Denn durch dieſe Bewegung erhält jeder Körper eine Neigung, ſich von Weſten nach Oſten zu bewegen und zwar mit eben der Geſchwindigkeit, mit welcher ſich die Stelle der Erde bewegt, über welcher ſich jener Körper befindet. Dieſe Geſchwindigkeiten aber ſind verſchieden, am größten ſind ſie am Äquator, am kleinſten in der Nähe der Pole, null an den Polen ſelbſt. Die Luft alſo, welche ſowohl von Norden als Süden gegen die heiße Zone hin ſtrömet, kömmt immerwährend auf Orte hin, deren Geſchwindigkeit größer iſt, als die derjenigen Orte, welche ſie eben verlaſſen hat. Die ankommende Luft muß daher beſtändig etwas gegen Weſten zurückbleiben, und dieſes Zurückbleiben gewährt das nähmliche Phänomen, als wenn ſie von Oſten herkäme. Dieſe zweyte Urſache gibt demnach ſowohl dem Nord- als dem Südwinde zum Theil eine Richtung von Oſten nach Weſten, und bewirket, daß die aus Norden kommende Strömung in einen Nordoſtwind ſich umändert, die von Süden kommende in einen Südoſtwind; wo endlich beyde Winde (Nordoſt und Südoſt) zuſammen kommen und ſich vereinigen, entſteht ein wirklicher Oſtwind. — Wo aber werden dieſe zwey Winde zuſammentreffen? Dort, wo eben die Sonne am höchſten ſteht; alſo nicht immer an demſelben Orte, ſondern bloß zur Zeit der Nachtgleichen am Äquator ſelbſt, zur Zeit des nördlichen Sommers aber in der Nachbarſchaft des nördlichen Wendekreiſes, zur Zeit des ſüdlichen Sommers in der Nachbarſchaft des ſüdlichen Wendekreiſes. Und ſo wird der wahre Oſtwind das eine Mahl dort, das andere Mahl hier wehen.

Um die Wirkung der Achſendrehung auf die Atmoſphäre deutlicher ſich vorzuſtellen, denke man ſich, daß dieſe Drehung plötzlich aufhörte. Da die Luft nicht ſogleich ebenfalls zur Ruhe käme: ſo müßte ein Orcan entſtehen, der am Äquator mehr als 1500 Fuß in einer Secunde zurück legen würde. — Die Geſchwindigkeit des ſtärkſten Orcans ſchätzt man auf 120 F., eines Sturmes über 30 F., mäßiger Winde auf 12 bis 15 Fuß.

§. 1032. Die jährlichen periodiſchen Winde (Wechſelwinde auch Monſone oder Mouſſons genannt, von dem malaiſchen Worte Muſſin, d. h. Jahreszeit) beobachtet man in der Nähe mehrerer Küſtenländer. Auch ſie hängen ab von dem verſchiedenen Stande der Sonne in Beziehung auf jene Gegenden und von der Achſendrehung der Erde; — auch wohl von der Richtung der Gebirgsketten. Dieſe Winde wehen in der einen Jahreshälfte nach der einen Richtung, in der andern nach der entgegengeſetzten.

Aus dieſen Winden wollen wir, als eines Beyſpieles, nur desjenigen erwähnen, welcher im indiſchen Meere und den benachbarten Gegenden wehet. An dieſem Meere nähmlich kommt der Luftſtrom im Sommer aus Südweſt, im Winter aber aus Nordoſt. Man erklärt ihn folgender Weiſe Im Sommer iſt die Luft über dem feſten Lande wärmer, als jene, welche über dem Meere ſich befindet. Die Luft bewegt ſich alſo unten von dem Meere gegen das feſte Land hin, und es ſollte demnach ein Südwind entſtehen. Warum aber wird dieſer zu einem Südweſtwinde? Weil die Luft noch vom Äquator kömmt (Indien liegt nähmlich noch auf der nördlichen Halbkugel). Dieſe Luft hat demnach eine größere Geſchwindigkeit von Weſten gegen Oſten, als jene Orte, in welchen ſie ankömmt, und gehet daher vorwärts gegen Oſten hin. Sie ſollte mithin, bloß in letzterer Beziehung, von Weſten nach Oſten ſtrömen. Da nun die Luft zugleich nach Norden und nach Oſten ſtrömen ſollte: ſo ſtrömet ſie nach Nordoſt, d. h. der Wind kommt von Südweſt. Im Winter aber iſt die Luft über dem Meere wärmer, als über dem feſten Lande, die Luft, nahe an der Oberfläche der Erde, ſtrömet daher gegen das Meer hin, alſo von Norden nach Süden. Da ſie nun auf dieſem Wege immer näher gegen den Äquator kömmt, alſo immer an Orte hin, welche wegen der Achſendrehung eine größere Geſchwindigkeit von Weſten nach Oſten haben: ſo muß (aus Gründen, die aus dem Vorigen ſich ergeben) dieſer Nordwind zu einem Nordoſtwinde werden. Daß übrigens hier die Lage der Gebirge ebenfalls von Einfluſſe ſey, iſt ſchon bemerket worden.

§. 1033. Die periodiſchen Land- und Seewinde auf Inſeln, die am Tage vom Meere gegen das Land hin, bey der Nacht aber in der entgegengeſetzten Richtung wehen, haben zur Urſache gleichfalls die Verſchiedenheit der Temperatur. Bey

Tage nähmlich wird die Luft über der Inſel mehr erwärmet als über dem Meere; ſie ſteigt demnach in die Höhe, und kältere Luft ſtrömet von dem Meere nach der Inſel hin. Nachts muß das Gegentheil Statt haben, weil das Meer länger als die Inſel die während des Tages erhaltene Wärme zurückhält.

§. 1034. Die veränderlichen oder unbeſtändigen Winde der gemäßigten und kalten Zonen ſind ebenfalls, theils allgemeine, durch örtliche Urſachen abgeänderte, Strömungen, theils ſolche, die urſprünglich durch ſehr verſchiedene, ebenfalls örtliche Urſachen bewirket werden.

In Europa iſt im Winter die Richtung der Winde gewöhnlich ſüdlicher als in den übrigen Jahreszeiten, und ihre Stärke im Januar und Februar am größten. Im Frühlinge ſind die Winde vorherrſchend öſtlich; im Sommer dagegen weſtlich; im Herbſte nehmen ſie die zum Theil ſüdliche Richtung wieder an.

§. 1035. In Beziehung auf beſondere Eigenſchaften kann ein Wind kalt oder warm ſeyn, trocken oder feucht, der Geſundheit zuträglich oder nachtheilig u. ſ. w. Es kommt hierbey darauf an, von welchen Gegenden her der Luftſtrom anlangt. Sind etwa dieſe mit Schnee und Eis bedeckt, ſo muß er Kälte mitbringen; Hitze dagegen, wenn er aus einem heißen Lande herwehet. Kommt er von einem Meere oder von einem See, ſo iſt er feucht; trocken dagegen, wenn er aus Sandwüſten ankommt.

Für Deutſchland ſind in der Regel die Weſtwinde feucht, und von mäßiger Temperatur. Sie verdanken wohl dieſe Beſchaffenheit dem atlantiſchen Ocean. — Anhaltende Stürme ſind gewöhnlich weſtlich und am häufigſten mit Regen begleitet. — Die Nordwinde bringen uns in jeder Jahreszeit Kälte, beſonders der Nordoſtwind. Die Oſtwinde pflegen heiteres Wetter und Trockniß zu bringen. Der Südwind bringt Wärme und oft Regen. — Folgende beſonders merkwürdigen Winde verdienen noch wenigſtens genannt zu werden. Der Wind Harmattan, welcher an der weſtlichen Küſte von Afrika wehet; er kommt von Oſten her aus der großen afrikaniſchen Wüſte, iſt daher ſehr heiß und trocken. — Der Samiel (auch Samum oder Smum genannt) weht vorzüglich in den Sandflächen Arabiens und den nachbarlichen Ländern; er iſt ſehr heiß und höchſt

gefährlich. Er bringt einen feinen Staub mit, der durch alle Öffnungen in den Körper eindringt und ſehr heftige Entzündungen verurſacht. Eine Röthe am Himmel kündigt ſeine Ankunft an. — Der Chamſim iſt ein heißer Wind, der in Ägypten wehet. Er ſcheint in ſeinen Eigenſchaften dem Samiel ähnlich, doch weniger heftig zu ſeyn. — Der Scirocco, ebenfalls ein heißer Wind, der in Sicilien und Italien wehet, ſcheint eine Fortſetzung jener heißen Stürme in Aſien und Afrika zu ſeyn.

### Schwankungen in der Atmoſphäre und die daher rührenden Barometerveränderungen.

§. 1036. Daß der Druck der Atmoſphäre nicht an allen Orten gleich, ja an dem nähmlichen Orte zu verſchiedenen Zeiten auch verſchieden ſey, iſt in der Lehre von den Erſcheinungen ausdehnſamer Flüſſigkeiten (§. 428.) geſagt worden. Auch iſt im Allgemeinen leicht einzuſehen, daß alles dasjenige die Barometerhöhe ändern müſſe, was die Maſſe der drückenden ausdehnſamen Flüſſigkeiten vermehrt oder vermindert, oder die Dichte und Elaſticität derſelben ändert. Dieſe Änderungen aber ſind theils regelmäßige, theils unregelmäßige. Die regelmäßigen ſind periodiſch, zu beſtimmten Tageszeiten wiederkehrend. Es hat nähmlich (in Beziehung auf dieſe allein) das Queckſilber *ſeinen* höchſten Stand Vormittags zwiſchen 9 und 11 Uhr, und Abends zwiſchen 9 und 11 Uhr, den niedrigſten früh zwiſchen 3 und 5 Uhr, und Nachmittags zwiſchen 3 und 5 Uhr. — Die unregelmäßigen ſind an keine Tageszeit gebunden. Dieſe Zeiten ſind nur beyläufig angegeben, und ſind nicht überall dieſelben.

§. 1037. Über dieſe Barometerveränderungen hat ferner die Erfahrung Folgendes gelehrt:

1) Die regelmäßigen werden mit großer Beſtimmtheit bloß in den Äquatorialgegenden beobachtet, weil dort die unregelmäßigen beynahe ganz wegfallen, welches um ſo mehr Statt hat, je näher ein Ort am Äquator liegt. Sie ſind übrigens nur klein; denn der Unterſchied zwiſchen dem höchſten und niedrigſten Barometerſtande beträgt nur etwa 0,5 Linien oder etwas darüber. In den gemäßigten Zonen werden dieſe regelmäßigen

Schwankungen durch die weit bedeutenderen unregelmäßigen beynahe unmerklich. Emſige Beobachter des Barometers haben indeſſen mittelſt genauer Vergleichungen des größern oder geringern Steigens des Queckſilbers, wenn es im Steigen begriffen iſt, und eben ſo des größern oder geringern Fallens, wenn es im Fallen begriffen iſt, gefunden, daß die Einflüſſe, welche die regelmäßigen Änderungen bewirken, auch in den höhern Breiten nicht null ſind.

2) Die unregelmäßigen Änderungen ſind deſto bedeutender, je weiter ein Ort vom Äquator entfernt iſt; in der gemäßigten Zone kann der Unterſchied der Barometerhöhen 12 Linien betragen. — Einfluß darauf hat auch die Höhe des Ortes (je größer dieſe iſt, deſto weniger ändert ſich, unter übrigens gleichen Umſtänden, der Druck der Atmoſphäre); die phyſiſche Beſchaffenheit des Ortes; endlich die Jahreszeit (in der Regel iſt der Barometerſtand im Winter veränderlicher als im Sommer, am veränderlichſten zur Zeit der Nachtgleichen).

In Beziehung auf Beobachtungen über dieſen Gegenſtand haben ſich verdient gemacht: Humboldt, Horner, Dove, Kämtz ꝛc. Intereſſante Angaben ſind ferner zu finden in dem Werke: Sammlung der vom 8. May 1817 bis 31. Dec. 1827 angeſtellten aſtronomiſchen, meteorologiſchen und phyſikaliſchen Beobachtungen von C. Hallaſchka. Prag 1830.

§. 1038. Urſache der Barometerveränderungen. — Die regelmäßigen ſind offenbar Wirkungen der Sonne; aber nicht wohl ihrer Attraction, ſondern der Wärmeerregung. Durch die Attraction könnte zwar eine Ebbe und Fluth Statt finden: allein eine noch ſtärkere müßte durch die Anziehung des Mondes herbeygeführt werden, und dann müßte die Periodicität des Barometerſtandes (ſo wie die der Ebbe und Fluth des Meeres) ſich nach dem Stande des Mondes richten, mithin nach einem Mondestage ſich wiederhohlen und nicht nach einem Sonnentage. Durch Erwärmung aber wird zweyerley bewirkt, nähmlich eine Ausdehnung der atmoſphäriſchen Flüſſigkeit, wodurch der Druck vermindert wird, und eine Vermehrung der Waſſerdünſte, wodurch dieſer Druck vermehrt wird. Wären dieſe zwey entgegengeſetzten Wirkungen einander gleich: ſo würden ſie einander

aufheben; da ſie es nicht ſind, ſo iſt ein veränderter Druck ihre Folge. Regelmäßig aber kann dieſe Folge nur dort ſeyn, wo es regelmäßige Luftſtröme gibt, wo die Temperatur zufälligen Änderungen weniger ausgeſetzt iſt, wo die Verdünſtung mithin einen regelmäßigen Gang befolgt. Dieſes findet nur Statt in den Äquatorialgegenden. In den gemäßigten und kalten Zonen dagegen iſt alles das keineswegs der Fall; dagegen müſſen hier die auf die Wärmeänderung, auf die Luftſtröme und auf den Verdünſtungsprozeß ſo mächtig einwirkenden Localumſtände um ſo bedeutendere unregelmäßige Veränderungen herbeyführen.

Alles dieſes konnte (zu Folge des §. 1008) hier nur angedeutet werden.

§. 1039. Einige Reſultate von Beobachtungen. Ein bedeutendes Steigen oder Fallen des Queckſilbers dehnt ſich gewöhnlich über einen beträchtlichen Theil der Erde aus. — Bisweilen folgt, wenn das Queckſilber geſtiegen iſt, heiteres Wetter; keineswegs aber iſt dieſes immer der Fall. — Wenn es indeſſen beträchtlich fällt: folgt gewöhnlich Regen oder Wind, ſogar Sturm und Gewitter. — Wenn es langſam und allmählich ſeinen höchſten Stand erreicht: ſo pflegt anhaltendes heiteres Wetter zu folgen; und eben ſo ein anhaltendes trübes, mit Regen, Wind u. ſ. w., wenn das Queckſilber allmählich gefallen iſt. — Große und ſchnelle Veränderungen der Barometerhöhe pflegen zwar mit ſchnellen, aber nicht anhaltenden Veränderungen des Wetters verbunden zu ſeyn.

Was mag denn aber die Urſache ſeyn, daß (unter übrigens gleichen Umſtänden) der Barometerſtand in der Regel höher iſt bey heiterer als bey trüber Atmoſphäre und regnichtem Wetter? Weil bey heiterem Himmel die Atmoſphäre mehr Waſſer in der Form wahrer (alſo durchſichtiger, mithin unſichtbarer) Dämpfe (§. 695.) enthält. Es drückt demnach offenbar (nach §. 694.) ſowohl die Luft als der Dampf auf das Queckſilber. Ehe man wußte, daß bey einer beſtimmten Temperatur ein luftvoller Raum eben ſo viel Dampf enthalten kann als ein luftleerer (§. 693.), war dieſe Erſcheinung unerklärbar. Sobald ſich nun die Dämpfe zu zerſetzen beginnen (alſo trübes Wetter ſich zu bereiten anfängt), wird nothwendiger Weiſe der Druck der Atmoſphäre vermindert. — Daß aber die Verän-

derungen des Barometerſtandes mit den Veränderungen des Wetters keinen vollkommen gleichen Gang befolgen, daran mögen eben die verſchiedenen, immer Statt findenden Luftſtröme Urſache ſeyn, durch welche die Dichte und Elaſticität der Luft über einem und demſelben Orte ſo mancherley Veränderungen erleidet, je nachdem die zuſtrömende Luft kalt und trocken, oder kalt und feucht, warm und trocken, oder warm und feucht iſt.

### Die Waſſermeteore.

§. 1040. Zu dieſen rechnet man: den **Verdünſtungsprozeß** ſelbſt, den **Nebel**, die **Wolke**, den **Regen**, **Schnee**, **Hagel**, **Thau** und **Reif**.

§. 1041. Von dem **Verdünſtungsprozeſſe**, den darauf Einfluß habenden Umſtänden und der Art und Weiſe den Dunſtgehalt der Atmoſphäre mittelſt der Hygrometer zu beſtimmen, iſt ſchon an andern Orten (§. 694. bis 700.) ausführlich geſprochen worden.

Beobachtungen haben gelehret, daß die Ausdünſtung vom Äquator gegen die Pole zu abnehme. In Beziehung auf die Jahreszeit nimmt ſie in der nördlichen Halbkugel zu vom December bis Julius, dann nimmt ſie ab.

§. 1042. Was man unter **Nebel** und **Wolke** verſtehe, davon iſt ebenfalls ſchon die Rede geweſen (§. 698.). Sie entſtehen hauptſächlich durch Erniedrigung der Temperatur, entweder daß dieſe an dem Orte ſelbſt, wo Dünſte die Nebelform annehmen, Statt findet, oder daß Luftſtröme aus kälteren Gegenden anlangen. Wolken verſchwinden, theils wenn ſie durch Winde an andere Orte getragen werden; theils wenn die Temperatur ſteigt, und das in Nebelform ſich in der Atmoſphäre befindende Waſſer wieder in den Zuſtand des Dunſtes verſetzt wird; endlich verſchwinden ſie auch allmählich, wenn der Dunſt durch noch mehr Verluſt an Wärme tropfbar flüſſig wird, und in Geſtalt von Tropfen herabfällt.

Die Rückkehr der Wolke in Dunſt mittelſt der Wärme geſchieht demnach entweder durch Einwirkung der Sonnenſtrahlen, oder auch,

wenn trockene Winde aus wärmeren Gegenden kommen, oder endlich, wenn die Wolke ſelbſt in eine wärmere Luftſchichte gelangt.

§. 1043. Die Wolken erſcheinen in verſchiedener Höhe und unter verſchiedenen Geſtalten. Oft ſieht man ſie in ſehr großer Höhe als Streifen, die zuweilen parallel mit einander ſind, manchmahl divergirend, auch zum Theil gebogen, wohl auch ſich durchkreuzend und gitterförmig; man nennt ſie Federwolken oder Lockenwolken (Zeichn. 516.). — Ein anderes Mahl erſcheinen ſie als eine Menge kleiner rundlicher Wölkchen, an einander gereiht oder einander berührend, ebenfalls ſehr hoch, doch niedriger als die vorher erwähnten; ſie heißen federige Haufenwolken (Zeichn. 517.). — Gewöhnlich noch etwas niedriger ſieht man Wolkenſchichten, welche in die Länge gezogen, an ihren Enden dünner ſind als in der Mitte, eine beynahe wagrechte Lage und eine etwas hohle, auch wohl wellenförmige Grundfläche haben; ſie werden federige Schichtwolken genannt. — Andere Wolken haben dagegen eine beynahe halbrunde Geſtalt, nach oben convex, auch wohl zum Theil kegelförmig, unten mit einer horizontalen Fläche begränzt; man gab ihnen den Nahmen Haufenwolken (Zeichnung 519.). — Manche Wolken in tieferen Gegenden der Atmoſphäre haben eine weniger beſtimmte Geſtalt, ſind oben weniger convex, und ungleiche Falten hängen über ihre Grundflächen hinunter. Sie heißen geſchichtete Haufenwolken (Zeichn. 520.). — Die niedrigſte der Wolken, die über der Fläche des Waſſers oder der Erde ruht, iſt eine beynahe horizontale Schichte. Man nennet ſie Schichtwolke oder auch Nebel (Zeichn. 521.). — Eine Art von Zuſammenhäufung mehrerer Wolkenmodificationen endlich bildet die regnende Wolke (Zeichn. 522.). — Überhaupt erſcheinen die Wolken das eine Mahl mehr einzeln, ein anderes Mahl mehr zuſammen gehäuft, und bedecken nicht ſelten den ganzen Himmel. Ferner geht eine Wolkenmodification ſehr oft in eine andere über. — Endlich gibt es auch noch einen Zwiſchenzuſtand des Waſſers zwiſchen dem des ganz unſichtbaren Dunſtes und dem des eigentlichen Nebels oder

der Wolke; es iſt derjenige, bey welchem die Atmoſphäre mehr oder weniger getrübt erſcheint. — Man ſieht, daß die Federwolke, Haufenwolke und Schichtwolke die Hauptformen ſind, die übrigen aber als abgeleitete betrachtet werden können.

Die Eintheilung der Wolken nach den angegebenen Formen derſelben hat Howard in Vorſchlag gebracht, um eine beſtimmte Sprache über dieſen Gegenſtand einzuführen. Er bedient ſich zur Bezeichnung derſelben der folgenden, aus dem Lateiniſchen entlehnten Benennungen: Cirrus (Federwolke), Cirrocumulus (federige Haufenwolke), Cirrostratus (federige Schichtwolke), Stratus (Schichtwolke), Cumulostratus (geſchichtete Haufenwolke), Nimbus (Regenwolke).

§. 1044. Was Regen ſey, iſt ohnedieß bekannt. Er entſteht, wenn das in der Atmoſphäre (entweder als Dunſt oder als Wolke) befindliche Waſſer die Geſtalt der Tropfen annimmt, und ſo auf die Erde niederfällt. Die Urſache dieſes Überganges kann alles dasjenige ſeyn, welches die Dünſte ihrer Ausdehnſamkeit zu berauben im Stande iſt, nähmlich: 1) Abkühlung, auf was immer für eine Art herbeygeführt; 2) Luftſtröme aus waſſerreichen Gegenden, welche viele Dünſte oder häufige Wolken mitbringen, und ſo die Verdichtung der ſchon vorhandenen bewirken; 3) entgegengeſetzter Zuſtand der Electricität in den Wolken. — Die Regentropfen vergrößern ſich gewöhnlich während des Fallens, indem ſich immer mehr Feuchtigkeit an ſie anſetzt. Wenn zwey Gefäße von gleicher Weite, eines bedeutend höher als das andere, aufgeſtellt werden: ſo findet ſich in dem untern in der Regel eine größere Waſſermenge.

Man hat dem Regen verſchiedene Nahmen gegeben. Den aus einer vorüberziehenden Wolke hat man Strichregen genannt, den aus einem weit verbreiteten ruhenden Gewölke Landregen. Fällt er in kleinen Tropfen herab, ſo heißt er Staubregen; ſind die Tropfen groß, Platzregen. In unſerm Erdſtriche haben ſie in der Regel höchſtens die Größe von $1/4$ Zoll im Durchmeſſer; in der heißen Zone ſollen ſie zuweilen einen Durchmeſſer von einem Zoll haben. Wenn der Regen ſich gleichſam stromweiſe ergießt, ſo nennet man ihn einen Wolkenbruch.

Vorrichtungen, welche dazu dienen, die Menge des herabgeregneten Waſſers einiger Maßen zu beſtimmen, nennet man Regenmeſ-

ſer, Ombrometer, Hyetometer. — Dazu läßt ſich eigentlich jedes Gefäß von bekannter Mündung anwenden, wenn es eine Öffnung im Boden hat, mit der es über ein anderes Gefäß angebracht werden kann, damit in dieſem das Waſſer ſich ſammle, ohne zu verdünſten. Iſt dieſes zweyte Gefäß ein durchgängig gleich weites und von beſtimmter Grundfläche, oder iſt es nach Kubikzollen graduirt: ſo kann die Meſſung gleich darin vorgenommen werden; ſonſt wird ein drittes (graduirtes) zu Hülfe genommen.

Mehreren dergleichen, an verſchiedenen Orten, vorgenommenen Meſſungen zu Folge hat man im Allgemeinen angenommen, daß das jährlich aus der Atmoſphäre herabfallende Waſſer die Erde auf etwa 30 Zoll hoch bedecken könnte.

Das Regenwaſſer iſt gewöhnlich rein, vorzüglich, nachdem der Regen einige Zeit gedauert hat, und andere fremdartige Stoffe (z. B. der in der Luft ſchwebende Staub, auch durch Wärme verdünſtete Subſtanzen) zu Boden geſchlagen ſind. Eben deßhalb pflegt es auch reiner zu ſeyn im März und April, als in den wärmeren Monathen. Zuweilen aber vermenget ſich auch zufällig eine große Menge von dergleichen (etwa durch Wind herbeygeführten) Stoffen mit dem Regenwaſſer, und gibt ihm ein ungewöhnliches Ausſehen. Darauf gründet ſich größtentheils die ehemahlige Meinung von den ſogenannten Wunderregen. So entſteht z. B. der ſogenannte Schwefelregen durch beygemiſchten Blütheſtaub, beſonders in der Nähe von Tannen- und Fichtenwäldern.

1045. **Schnee entſteht, wenn bey einer hinreichend niedrigen Temperatur die als Dunſt oder Wolke in der Atmoſphäre ſich befindenden Waſſertheilchen gefrieren, und unter günſtigen Umſtänden ganz kleine, regelmäßige Kryſtallchen bilden.** Es ſetzen ſich nähmlich feine Eisnadeln unter Winkeln von 60 Graden an einander, woraus dann ein Sternchen von ſechs Spitzen entſteht. Auch die ſechs Hauptnadeln ſind wieder mit noch feineren beſetzt und gleichſam gefiedert. Solche Eisſternchen indeſſen fallen nur bey bedeutend, doch nicht übermäßig kaltem und ruhigem Wetter; bey ſehr großer Kälte und unruhiger Luft fallen bloß die zerſtückelten Nadeln herab. Meiſtens hat in unſern Gegenden der Schnee die Geſtalt von großen oder kleinen Flocken, in welchen die einzelnen Nadeln unregelmäßig zuſammenhangen, auch wohl zum Theil eine Schmelzung verrathen. Der aus ho-

hen Regionen herabfallende Regen iſt wohl meiſtens ein während des Fallens aufgethauter Schnee.

In der Zeichn. 522. ſind mehrere Arten beobachteter Schneeſterne abgebildet. Der Durchmeſſer beträgt gewöhnlich etwa $1/2$ oder $2/3$ Linien, auch mehr.

Bemerkenswerth ſind die an ſteilen Bergen zuweilen entſtehenden Schneefälle und Schneelavinen. Wenn nähmlich auch nur eine kleine Schneemaſſe ſich von der übrigen lostrennt und zu rollen anfängt: ſo nimmt ſie während des Rollens immer mehr neue Schneetheile auf, erlangt dadurch oft eine ungeheure Größe, und ſtürzt mit fürchterlicher Gewalt in das Thal hinab. — Oft häufen ſich auch durch Sturmwinde große Schneemaſſen zuſammen, welche dann ihres großen Gewichtes wegen hinabfallen. — Solchen aufgehäuften Schneemaſſen haben die Gletſcher am Fuße hoher Gebirge ihre Entſtehung zu danken.

§. 1046. Hagel nennt man jene bald kleinern, bald größern, bald mehr, bald weniger regelmäßigen Eiskörner, welche aus der Atmoſphäre zur Zeit eines Gewitters manchmahl herabzufallen pflegen. Zu den Umſtänden, welche beym Hagel beobachtet werden, gehören vorzüglich die nachſtehenden: 1) Die Hagelwolken ſind gewöhnlich niedrig. 2) Sehr häufig findet man in der Mitte eines aufgeſchnittenen Hagelkornes einen weißen poröſen Kern aus Schnee, um welchen concentriſche Eisſchichten gelagert ſind. 3) Der Hagel kommt am häufigſten vor in den heißeſten Monathen. 4) Er iſt an keine Tageszeit gebunden, doch ſeltener bey Nacht. 5) Er iſt vorzüglich der gemäßigten Zone eigenthümlich, iſt in den Äquatorialgegenden eine ſehr große Seltenheit, und auch in den Polarländern nur ſelten. — Der in den Hagelkörnern gewöhnlich enthaltene, dem Schnee ähnliche Kern ſcheint darauf zu deuten, daß die Waſſerdünſte zuerſt in Schnee übergegangen ſind, dann (während des Fallens) andere Dünſte abgekühlt, dadurch zum Erſtarren gebracht, und ſo die Bildung einer Eisrinde bewirket haben. Wie aber die zur Hagelbildung nöthige bedeutende Kälte in den Gewitterwolken entſtehe, iſt keineswegs hinreichend bekannt, obgleich es an Theorien über den Hagel nicht fehlt. Am wahrſcheinlichſten iſt es wohl,

daß ſtarke Strömungen von kalter Luft, welche mit einer feuchten Luftmaſſe ſich miſchen, das ſchnelle Gefrieren der in der letztern enthaltenen Waſſerdünſte herbeyführen. Die ſehr kalten Hagelkörner können dann beym Herabfallen durch Anſetzen neuer Eisſchichten deſto mehr an Größe zunehmen, je kälter ſie ſind, je größer der Raum iſt, durch den ſie fallen, und je mehr Feuchtigkeit dieſer Raum enthält. — Von dem eigentlichen Hagel unterſcheidet man die Graupeln oder Schloßen. Dieſe ſind offenbar zuſammengeſinterte Schneeflocken. Oft geht ein Graupelwetter in Schnee, oft in Regen über; manchmahl fallen Graupeln vermengt mit Regen. Graupelwetter erſcheinen gewöhnlich im Frühlinge.

Dieſe hier angeführte Vorſtellungsweiſe vom Hagel iſt in der Hauptſache dieſelbe, die Olmſtedt über die Entſtehung des Hagels aufſtellt, und von der ſich eine ähnliche von Buch und Ideler vorzüglich darin unterſcheidet, daß der letztere die Vermiſchung ungleich warmer Luftſchichten durch verticale, Olmſtedt aber durch horizontale Strömungen bewirkt ſich denkt. — Da Volta's Theorie, ihres berühmten Urhebers wegen, oft angeführt zu werden pflegt, ſo dürfte folgende kurze Angabe derſelben hier manchem Leſer nicht unwillkommen ſeyn. Wenn an heißen Sommertagen die Luft in den hohen Regionen ſehr trocken iſt: ſo entſteht durch die Einwirkung der Sonnenſtrahlen an den obern Flächen der Wolken eine ſtarke Verdünſtung. Der Dunſt ſteigt in die Höhe; in einer beträchtlich noch höhern (alſo kältern) Region wird er wieder in Dunſtbläschen verwandelt, und bildet ſo eine Wolkenſchichte, die mit der untern parallel iſt. Der oberſte, durch die Verdünſtung ſtark erkaltete Theil der untern Wolke wird zugleich in Eisklümpchen verwandelt. — Da nun überdieß durch Verdünſtung die untere (primäre) Wolke einen ſtarken negativen, die obere (ſecundäre) einen poſitiven Zuſtand der Electricität erhalten hat: ſo werden jene Eis- und Schneeklümpchen von der untern Wolke zuerſt abgeſtoßen, von der obern angezogen, und dann zwiſchen beyden ſo hin- und hergeworfen, wie bey dem electriſchen Tanze die Hollundermarkkügelchen oder andere leichte Körper zwiſchen zwey Scheiben (§. 876. Zuſ.). Dieſe ſo auf- und abgeworfenen Eisklümpchen zerſetzen nun theils den zwiſchen beyden Wolkenſchichten befindlichen Waſſerdunſt, der um dieſelben zu einer ſich immer vergrößernden Eisrinde gefriert; theils ſenken ſie ſich in die Wolkenſchichten ſelbſt, und neh-

men von dieſen ebenfalls Waſſertheile an, welche die Rinde vergrößern. Iſt endlich die Electricität erſchöpft, oder der Hagel zu groß für die noch Statt findende Anziehung: ſo fällt er auf die Erde.

§. 1047. Unter Thau verſtehet man diejenige Feuchtigkeit, welche, beſonders an heißen Sommertagen, nach Untergang der Sonne, an verſchiedene in der freyen Luft befindliche Körper ſich anſetzt. Dieſe Feuchtigkeit wird aus der mit Waſſerdünſten erfüllten Atmoſphäre niedergeſchlagen. Dazu müſſen die Körper, an welchen der Niederſchlag geſchieht, kälter ſeyn, als die Dünſte. Dieſe Abkühlung wird herbeygeführt durch das Ausſtrahlen der Wärme (§. 645.). Daraus erklären ſich folgende Erſcheinungen: 1) Derſelbe beſtimmte Körper wird deſto ſtärker bethaut, je weniger er mit andern Körpern umgeben iſt, von denen er Wärmeſtrahlen zurück erhalten kann; er wird z. B. in der Nähe einer Wand weniger bethaut, ſie dienet ihm dann als wärmeſtrahlende Fläche. — 2) Derſelbe Körper wird, unter übrigens gleichen Umſtänden, deſto mehr bethaut, je heiterer der Himmel iſt; iſt dieſer mit Wolken bedeckt, ſo ſind die letztern ebenfalls als wärmeſtrahlende Wände anzuſehen. — 3) Unter denſelben Umſtänden wird aus zweyen Körpern derjenige mehr bethaut, deſſen Oberfläche ein größeres wärmeſtrahlendes Vermögen hat (§. 641.). Daher wird z. B. Glas ſtark bethaut, eine polirte Metallfläche dagegen beynahe gar nicht. — 4) Der Thau iſt häufiger bey ruhiger, als bey bewegter Luft.

Über den Thau hat beſonders Wells ſehr ſchöne Beobachtungen angeſtellt; ihm verdanket man die hier kurz angegebene Erklärung dieſer Erſcheinung.

§. 1048. Der Reif iſt gefrorener Thau, auch gefrorener Nebel. Er erſcheint, wenn die Oberflächen der Körper bis zum Gefrierpuncte abgekühlt werden; dieſes geſchieht vorzüglich zu Ende des Winters, zu welcher Zeit die Nächte hinlänglich lang und kalt ſind. Er ſetzet ſich an die Körper theils in Geſtalt von weißen Perlen an, theils in Geſtalt von Nadeln.

Körper, an welchen ſich der meiſte Thau niederſchlägt, und die zugleich ſchlechte Wärmeleiter ſind, werden am meiſten mit Reif überzogen.

— Hierher gehört auch das ſogenannte Ausſchlagen der Kälte an Mauern und andern Körpern, wenn nach ſtarkem Froſte ein Thauwetter einfällt. Der in der Luft enthaltene Waſſerdampf ſchlägt ſich nähmlich an dieſen kalten Körpern nieder und gefriert. Auf eine ähnliche Weiſe gefrieren die in einem Zimmer enthaltenen Dünſte an den kalten Fenſterſcheiben.

## Electrometeore.

§. 1049. Daß in der Atmoſphäre immer mehr oder weniger electriſche Zuſtände Statt finden, davon iſt bereits im §. 952. die Rede geweſen, wo auch die bequemſte Art, die Luftelectricität zu beobachten nebſt den Hauptreſultaten ſolcher Beobachtungen iſt angegeben worden. Noch wäre übrig, die Frage über die Quelle der atmoſphäriſchen Electricität zu beantworten, und diejenigen Meteore anzugeben, bey welchen ſie eine vorzügliche Rolle ſpielt. — Die vorzüglichſte Quelle dieſer Electricität dürfte wohl (zu Folge des §. 949. und 950.) im Verdünſtungsprozeſſe zu ſuchen ſeyn, nähmlich in der Bildung von Dünſten, die ſowohl aus dem Waſſer der Meere, Seen, Flüſſe und der Oberfläche der Erde entſtehen, als denen, die in ſo großer Menge ihre Entwickelung der Vegetation verdanken, und in der Zerſetzung derſelben. Denn obgleich Pouillet bey der Verdünſtung nur dann Spuren von Electricität bey dem verdünſtenden Waſſer beobachtet hat, wenn dieſes irgend ein aufgelöſtes Salz enthielt (§. 950. Zuſ.): ſo iſt ja gerade das der Fall bey dem Waſſer, aus dem die Atmoſphäre mit Dünſten verſehen wird.

Zu den hierher gehörigen Meteoren gehören vorzüglich: das Gewitter, das Wetterleuchten, das Wetterlicht, die Waſſerhoſe und höchſt wahrſcheinlich das Polarlicht.

§. 1050. Das Gewitter. Dieſes iſt eine zuſammengeſetzte Erſcheinung, gewöhnlich aus folgenden beſtehend: Starke Wolkenbildung, Stürme, Blitz, Donner, Regen und Hagel. Ein bedeutendes Gewitter bereitet ſich durch längere Zeit. Man fühlt eine merkliche Schwüle und Unbehaglichkeit; allmählich

bilden ſich aus dünnerem Gewölke dichte Wolken, die hie und da bedeutend dunkel erſcheinen und meiſtens tief ziehen. Auf eine tiefe Stille folgt ein heftiger Wind, oft wird der Staub im Wirbel umhergetrieben. Es fängt an einzelnen Stellen zu regnen an; Blitze fahren aus der Wolke, von Donner begleitet. Der Regen wird häufiger, häufiger auch Blitz und Donner, das Gewölk wird ſtürmiſch getrieben, oft fällt auch häufiger Hagel. — Nach längerer oder kürzerer Zeit nimmt die Heftigkeit dieſer Erſcheinungen ab; theils werden die Wolken weggetrieben, theils werden ſie zertheilt. — Da über Regen, Hagel und Wind bereits früher die Rede war: ſo iſt hier nur noch Einiges über Blitz und Donner zu ſagen.

§. 1051. Daß der Blitz ein großer electriſcher Funke ſey, durch welchen eine electriſche Wolke ſich entweder gegen eine andere Wolke von entgegengeſetztem Zuſtande der Electricität, oder gegen einen Berg, oder irgend einen andern benachbarten Körper entlade, daran iſt wohl nicht zu zweifeln. Er befolgt dieſelben Geſetze, die wir an den electriſchen Funken unſerer Maſchinen beobachten, und gewährt dieſelben Wirkungen. So z. B. entzündet der Blitz brennbare Körper, ſchmelzet und oxydirt Metalle, zerſplittert unvollkommene Leiter, und beraubt organiſche Körper des Lebens, hauptſächlich durch Zerſtörung ihrer Reizbarkeit, ſeltener durch mechaniſche Beſchädigung; Verbrennung iſt gewöhnlich mit vorhanden. Daß die Electricität der Wolken abgeleitet werden könne, und daß ſich mittelſt ihrer electriſche Verſuche anſtellen laſſen, iſt ſchon gemeldet worden (§. 952. Zuſ). Der Weg eines aus der Gewitterwolke fahrenden Blitzes iſt gewöhnlich gezackt; alle großen Funken aus den Conductoren mächtig wirkender Maſchinen ſind es ebenfalls. — Die gemeinſten electriſchen Verſuche lehren ferner, daß jeder Ausbruch eines electriſchen Funkens von einem mehr oder weniger ſtarken Knalle begleitet werde, welcher bey der Entladung mächtiger Batterien oft äußerſt bedeutend iſt. Iſt nun der Blitz eine ungeheure electriſche Entladung: ſo iſt es ſehr natürlich, daß auch ſie von einem verhältnißmäßigen Getöſe begleitet werde. Dieſes wäre

nun der Donner. Zwar iſt der bey electriſchen Verſuchen gehörte Knall nur einfach; allein auch der Donner wird in der Nähe des Ortes, wo der Bliz einſchlägt, oft nur einfach gehört. Die Vervielfältigung desſelben kann zweyen Urſachen zugeſchrieben werden. Die eine könnte der Wiederhall ſeyn. Wirklich dauert das Rollen des Donners länger und iſt fürchterlicher in Gebirgsgegenden, wo es mehrere den Schall reflectirende Flächen gibt, als in großen Ebenen. Auch der Knall einer Kanone wird durch die Reflexion des Schalles vervielfältigt. — Überdieß kann das Donnergerolle auch darin gegründet ſeyn, daß oft die Exploſion, welche uns als eine einfache erſcheint, vielleicht keine einfache iſt, ſondern durch mehrere, von einander in verſchiedenen ungleichen Entfernungen ſich befindende, Wolken und Wolkenſchichten hindurch Statt haben dürfte. Die Blitze kann der Zuſeher, wegen der ungemeinen Schnelligkeit der electriſchen Entladung und des Lichtes, faſt in dem nähmlichen Augenblicke wahrnehmen; der Knall wird aus einer kleinen Entfernung wohl ebenfalls ſogleich gehört werden, nicht aber aus einer größern, weil dem Schalle keineswegs eine ſolche Schnelligkeit wie dem Lichte zukömmt (§. 612.). Sind überdieß die einzelnen Exploſionen ungleich ſtark: ſo müſſen es auch die einzelnen Schläge ſeyn; durch Nebenumſtände kann wohl auch ſogar eine verſchiedene Tonhöhe derſelben bewirket werden.

Merkwürdig ſind die in ſandigen Gegenden oft aufgefundenen ſogenannten Blitzröhren, nähmlich röhrenförmige, aus Verglaſung des Sandes entſtandene Gebilde.

Da die Geſchwindigkeit bekannt iſt, mit welcher die Verbreitung des Schalles geſchieht (§. 612.): ſo läßt ſich aus der zwiſchen dem Blitz und dem Donner verfloſſenen Zeit die Entfernung einer Gewitterwolke einiger Maßen ſchätzen.

Man hat auch andere Erklärungen vom Donner zu geben verſucht, die wir aber der Kürze wegen hier übergehen.

§. 1052. Schutzmittel für Gebäude gegen die ſchädlichen Wirkungen des Blitzes. Man nennt ſie Blitzableiter, und verſteht darunter Vorrichtungen, deren

Zweck es iſt, die Ausgleichung des geſtörten electriſchen Gleichgewichtes zwiſchen der Atmoſphäre und der Erde ohne Beſchädigung des Gebäudes zu bewirken. Man bedient ſich dazu gewöhnlich metalliſcher, ſpitzig auslaufender Stangen von hinlänglicher Dicke, die an dem Gebäude ſo angebracht werden, daß ſie über die höchſten Stellen desſelben hervorragen, und mittelſt einer ebenfalls metalliſchen, hinreichend dicken, nirgends unterbrochenen Fortleitung mit der Erde verbunden werden. — Es kommt nähmlich, wie von ſelbſt einleuchtend iſt, bey der Aufſetzung eines zweckmäßigen Blitzableiters darauf an, daß er allein die electriſchen Ausbrüche aufnehme, ſie über das Gebäude und an demſelben fortleite, und dem Erdboden zuführe, mit möglichſter Verhütung jeder Theilnahme des Gebäudes ſelbſt an der oben erwähnten Ausgleichung des electriſchen Gleichgewichtes.

Erörterungen.

1. In Beziehung auf die Aufnahme des Blitzes. Dazu dienen die metalliſchen Auffangſtangen. Ob dieſe aber in Spitzen, oder etwa in Kugeln ſich enden ſollen, darüber iſt ehemahls lebhaft geſtritten worden. — Sieht man die Blitzableiter als eine offenſive Anſtalt an, welche die electriſche Ladung der Wolke ſtillſchweigend ableiten ſoll: ſo ſind allerdings die ſpitzigen vorzuziehen. Da indeſſen in manchen Fällen die Ladung der Gewitterwolke ſchnell zu geſchehen ſcheint: ſo dürfte eine allmähliche Ableitung wenigſtens nicht immer zu erwarten ſeyn. Bey einer großen Intenſität eines hinlänglich nahen electriſirten Körpers hindert eine Spitze keineswegs die Exploſion; auch hat man Beyſpiele von Blitzſchlägen, wodurch die Spitzen der Ableiter geſchmolzen wurden. — Die Auffangſtangen ſollen wenigſtens etwa 5 bis 6 Fuß über die höchſten Stellen hervorragen. Man macht ſie gewöhnlich von Eiſen, und vergoldet ſie an ihrem Ende, um das Roſten zu verhüten. Man kann auch die Spitzen daran von Meſſing verfertigen, und ſie vergolden oder die Auffangſtange mit einer Platinſpitze verſehen. — Da man beobachtet hat, daß der Blitz wohl bis auf 30 Fuß abgeſprungen iſt, um einen guten Leiter zu treffen; ſo nimmt man im Allgemeinen an, daß eine Auffangſtange auf eine Entfernung von etwa 30 Fuß ringsum wirkſam ſey. Hat demnach ein Gebäude, ſeiner Größe wegen, mehrere Auffangſtangen nöthig: ſo gibt man die Regel an, eine von der andern nicht über 60 Fuß zu entfernen. Übrigens wird die Menge der Auffangſtangen auch beſtimmt durch

die Geſtalt des Gebäudes, durch die Menge der erhabenen Puncte desſelben (z. B. durch die Menge der Schorſteine), durch die Lage desſelben in Beziehung auf die Gegend, wo die Gewitter gewöhnlich herziehen u. ſ. w. — Die Dicke der Auffangſtangen muß etwas über einen Zoll betragen, alſo der Durchſchnitt etwa $^5/_4$ Zoll ins Gevierte.

2. In Beziehung auf die Fortleitung. Dazu bedient man ſich gewöhnlich eiſerner Stangen von kleinerem Durchmeſſer (der indeſſen doch wenigſtens $^1/_2$ Zoll betragen ſollte). Sie müſſen ſowohl an die Auffangſtangen, als auch unter einander ſo gefügt werden, daß nirgends eine Unterbrechung Statt finde. Gewöhnlich werden ſie an einander geſchraubt, beſſer iſt es, ſie in einander zu ſchrauben. Um die metalliſche Stätigkeit möglichſt genau zu erhalten, hat Unterberger dünne Bleyplatten vorgeſchlagen, welche zwiſchen die an einander zu ſchraubenden Theile gelegt werden. — Raimarus wählte zu Fortleitungen kupferne oder bleyerne zuſammengefügte Streifen, welche dann an die Firſtziegeln und die Schorſteinwände, und bey der Herableitung über einander an Holz angenagelt wurden; indem der Blitz immer dem metalliſchen Leiter nachgehet. Imhof bediente ſich auch zu demſelben Zwecke einer Art Schnüre, die aus 6, 8 oder 10 Meſſingdrähten (je nachdem dieſe dicker oder dünner waren) zuſammengeſponnen wurden, und ein Seil von etwa 3 Linien im Durchmeſſer gaben. So ein Seil ward an der Auffangſtange einige Mahle über ſich ſelbſt dicht umgewunden, dann ſchräge abwärts auf das Dach, und von dieſem auf dem nächſten Wege zum Boden hinabgeführt. Um es vom Dache ſowohl als von der Mauer immer auf etwa $^1/_2$ Fuß entfernt zu halten, dienten eiſerne Stifte, welche (einer vom andern etwa 5 Fuß abſtehend) eingeſchlagen wurden. — Welche Art von Fortleitung man übrigens immer wählen mag, ſo iſt es nöthig, ſie von der Auffangsſtange nicht nur hinab, ſondern über den ganzen Dachrücken zu führen; ferner iſt es räthlich, ihr einigen Abſtand von dem Dache und der Mauer zu geben, auch nicht durch leicht entzündliche Körper zu leiten; ſie von Fenſtern, Thüren u. dgl., eben ſo von Metallen, die in das Haus hinein reichen (z. B. von Glockenzügen u. d. m.) entfernt anzubringen; das außen am Gebäude befindliche Metall aber mit der Fortleitung zu verbinden. Hat ein Gebäude mehrere Auffangſtangen nöthig: ſo müſſen alle mit einander verbunden werden.

3. In Beziehung auf die Bodenleitung. Dieſe ſoll auf Stellen hingeführt werden, wo der Boden ein guter Electricitätsleiter iſt; am beſten iſt es, ſie in ein freyes Waſſer zu führen.

Iſt keines in der Nähe: ſo führt man ſie ſo tief unter die Erde, bis man auf feuchte Erdſchichten trifft; hier wird ſie nach außen vom Gebäude weg abgebogen. Sie aber in Kloaken, Düngſtätten, Abtrittsgruben zu führen, iſt in mehrerer Hinſicht gefährlich. — Übrigens iſt noch anzumerken, daß die Ableiter in der Nähe des Bodens auf irgend eine Art vor abſichtlicher Beſchädigung geſichert werden müſſen; ferner iſt es rathſam (wenn der Ableiter von Eiſen iſt), den in die Erde gehenden Theil desſelben aus einem andern, dem Roſte weniger unterworfenen, Metalle zu verfertigen.

§. 1053. Alle Vorſchriften über die möglichſte Sicherung der eigenen Perſon während eines Gewitters laſſen ſich kürzlich darauf zurückführen, daß man ſich ſo viel als möglich außer aller Berührung und Nähe guter Leiter verſetze, ſich von Körpern entferne, an denen der Blitz gewöhnlich ſeinen Weg nimmt, jede Erhitzung des eigenen Körpers verhüte, auch alle mit Ausdünſtungen, Rauch u. ſ. w. angefüllten Orte vermeide.

In Gebäuden iſt es demnach räthlich, von den Öfen, großen Spiegeln, eiſernen Gittern u. d. m., wie auch von den Wänden ſich fern zu halten, und nicht an offene Fenſtern zu treten, wo der Menſch der beſte Leiter iſt. Die beſte Stelle iſt die Mitte eines geräumigen Zimmers; eine der gefährlichſten dagegen die unter dem Rauchfange. Denn nicht nur darum, weil der Rauchfang gewöhnlich der höchſte Ort des Hauſes iſt, wird er leicht getroffen; es iſt überdieß der das Innere desſelben bedeckende Ruß ein guter Leiter, und biethet der Entladung eine große Fläche dar. Noch größer wird die Gefahr, wenn zur Zeit des Gewitters Feuer auf dem Herde brennt, theils durch das leitende Vermögen der Rauchſäule und der Flamme, theils durch die Verdünnung der Luft. — Im Bette iſt der Menſch wohl mit Nichtleitern umgeben: doch der ängſtliche, ſich unter der Decke erhitzende biethet dem Blitze an der aufſteigenden Dunſtſäule einen guten Leiter. — Außer dem Hauſe iſt man ſicherer in der Mitte der Gaſſe als in der Nähe hoher Gebäude; am wenigſten iſt es räthlich, ſich neben herabgeführte Regenröhren u. d. m. zu ſtellen. — Im Freyen entferne man ſich vom Waſſer; ferner iſt es äußerſt gefährlich, ſich unter einen Baum zu begeben, beſonders wenn er hoch und einzeln iſt, oder hinter einen Heuhaufen u. d. m. Doch ganz freye Stellen ſind ebenfalls zu vermeiden; dort iſt nähmlich der Menſch der am meiſten hervorragende Gegenſtand. Am ſicherſten iſt es, etwa 15 bis 20 Schritte von einem hohen Baume

ſich zu halten; ſonſt iſt es wohl am räthlichſten, ſich auf die Erde zu legen. Ein Reitender thut am beſten, abzuſteigen, und ſich einige Schritte von dem Pferde zu halten. — Jede heftige Bewegung iſt (der Erhitzung wegen) aus den ſchon angegebenen Gründen zu vermeiden.

In Beziehung auf die Behandlungsart der vom Blitze Getroffenen hat man unter anderm Folgendes als nützlich befunden. Vor allem ſoll ein ſo Verunglückter aus dem mit Dampf erfüllten Orte entfernt, oder es ſollen wenigſtens die Fenſter geöffnet werden. Er werde entkleidet, und in eine ſchiefe Lage gebracht; man beſprenge das Geſicht und vorzüglich die Bruſt mit kaltem Waſſer, welches, wenn man es tropfenweiſe aus einer beliebigen Höhe herabfallen läßt, noch von größerer Wirkung iſt. Man bürſte den ganzen Körper, vorzüglich aber die Bruſt, die Arme, Schenkel und Fußſohlen mit einer weichen, in Waſſer oder Öhl getauchten Bürſte. Tücher mit kaltem Waſſer werden um das Haupt gebunden. Man reize den Geruchſinn (z. B. mit Salmiakgeiſt). Haben alle dieſe Reizmittel den erwünſchten Erfolg nicht, ſo kann man auch Klyſtiere aus Waſſer und Eſſig, Tabak u. d. m. verſuchen. — Kehrt nun das Leben wieder zurück, ſo reiche man ihm irgend eine Stärkung (z. B. Waſſer mit Wein, einige Tropfen Hofmanns Liquor ꝛc.). — Verbrennungen durch Blitze werden wie andere geheilt. — So werden auch etwa Statt findende Verletzungen auf die gewöhnliche Weiſe behandelt.

§. 1054. Das **Wetterleuchten** iſt eine in dem Gewölke erſcheinende Leuchtung ohne Donner. Sie kann entſtehen, wenn zwiſchen Wolken, die einander nahe ſind, das electriſche Gleichgewicht ohne merklichen Schall hergeſtellt wird. In den meiſten Fällen aber iſt es eine Beleuchtung der Wolken durch die Blitze eines fernen Gewitters.

§. 1055. **Wetterlicht.** So nennt man das an den Spitzen verſchiedener gut leitenden Körper manchmahl ſich zeigende electriſche Licht. Es zeiget ſich an den Spitzen der Blitzableiter, an Thürmen, Schiffsmaſten ꝛc.

Man nennet es auch wohl das Elmsfeuer oder St. Helena. Die Alten nannten es Caſtor und Pollux.

§. 1056. **Waſſer- und Sandhoſe.** Die Erſcheinung

der Waſſerhoſe wird beyläufig auf folgende Weiſe beſchrieben. Aus einer über dem Meere ſchwebenden Wolke (welche wahrſcheinlich im Zuſtande einer ſtarken Electricität ſich befindet) ſenkt eine Säule ſich herab in Geſtalt eines Kegels. Das unter ihr befindliche Waſſer geräth in eine Art wallender Bewegung; es hebt ſich empor, Waſſer und Wolke vereinigen ſich, bilden eine (gewöhnlich hohle) Waſſerſäule, welche ſich ſchnell um ihre Achſe dreht, zugleich eine geſchwind vorwärts ſchreitende Bewegung hat, und bisweilen Blitze ausſchleudert. Körper, über welche ſie fortſchreitet, werden mit großer Gewalt von ihr ergriffen, und wie durch Schraubengänge gehoben; daher jene furchtbaren Verheerungen, wenn ſie über Schiffe fortſchreitet. Seefahrer pflegen auf die Waſſerhoſen Kanonen abzufeuern. — Wie über dem Meere eine Waſſerſäule entſtehet, entſteht bisweilen auf dem Lande eine Säule von Sand und Staub. Auch ſie dreht ſich, ſchreitet weiter, reißet, was auf ihrem Wege liegt, mit ſich fort, und richtet ſo an Bäumen, Hütten ꝛc. Zerſtörungen an.

§. 1057. Das Nordlicht. Darunter verſteht man eine glänzende Erſcheinung, die manchmahl in der Nordgegend ſich zeigt. Man erblickt nähmlich dort bisweilen nahe am Horizonte einen dunkeln Kreisabſchnitt, um welchen ein glänzender, weißer oder auch röthlicher Bogen erſcheint, von welchem zeitweiſe häufige Strahlen (wie Feuergarben) nach allen Richtungen ausgehen und wieder verſchwinden. Bisweilen erſcheinet der ganze nördliche Himmel bis zum Zenith (ja wohl auch darüber hinaus) leuchtend. — In den näher am Nordpole liegenden Ländern erblickt man dieſes Phänomen faſt jede Nacht; in unſern Gegenden ſieht man es dagegen nur ſelten, und dann erſcheint es gewöhnlich nur nahe am Horizonte. — Alle diejenigen, welche Gelegenheit gehabt haben, das Nordlicht in ſeinem vollen Glanze zu beobachten, ſchildern es als ein äußerſt prächtiges, und für den, der ſeiner ungewohnt iſt, zum Theil furchtbares Schauſpiel. Manche Beobachter wollen während ſeiner Erſcheinung ein Geziſche, Gepraſſel, Gerolle in der Luft gehört haben. — Eine ähnliche

Lichterſcheinung hat auch in den Gegenden des Südpoles Statt; man hat ihr den Nahmen Südlicht gegeben. Nord- und Südlicht bezeichnet man mit dem Nahmen Polarlicht. — Die Urſache dieſes Meteors iſt unbekannt. So viel indeſſen iſt gewiß, daß es mit dem Magnetismus in einer Beziehung ſteht, weil man in der Abweichung der Magnetnadel zur Zeit der Nordlichter plötzliche und unregelmäßige Veränderungen beobachtet hat. Ferner hat Hanſteen beobachtet, daß kurz vor einem Nordlichte der Erdmagnetismus eine bedeutende Stärke zeigt; wenn aber das Nordlicht eingetreten iſt, dieſe Stärke wieder abnimmt. Merkwürdig iſt auch Dalton's Bemerkung, daß der höchſte Punct des leuchtenden Bogens, der von irgend einem Orte geſehen wird, in dem magnetiſchen Meridian dieſes Ortes zu liegen ſcheine. Auf der andern Seite hat das Polarlicht viele Ähnlichkeit mit den Erſcheinungen des electriſchen Lichtes in der verdünnten Luft (§. 913.), wodurch man auch veranlaßt wurde, es für ein electriſches Meteor zu halten. Nach dem nun erwieſenen Zuſammenhange der Electricität und des Magnetismus widerſpricht nicht eine Meinung der andern; doch iſt dadurch das, was bey dieſer Erſcheinung eigentlich vorgehen mag, noch keineswegs ins Klare geſetzt.

Wir übergehen die verſchiedenen Hypotheſen über die Entſtehung des Nordlichtes, und bemerken ſtatt deſſen einiges Thatſächliche. Es erſcheinet in gewiſſen Zeiten häufiger, als in anderen, ohne daß es gelungen wäre, eine Periodicität mit Beſtimmtheit anzugeben. Die Nordlichter können in jedem Monathe erſcheinen; die zahlreichſten zeigen ſich, nach Hanſteen, um die Zeit der Nachtgleichen. Die Höhe des Nordlichtes mag überhaupt ſehr bedeutend ſeyn, doch mag wohl bey verſchiedenen Nordlichtern eine ſehr verſchiedene Statt finden.

Ein ſehr ſchönes Nordlicht beobachtete man in Wien im Jänner 1831. Südlichter ſind von Forſter beobachtet worden.

Man ſehe auch: Über den Urſprung der Feuerkugeln und des Nordlichtes von Ideler. Berlin 1832.

### Feuermeteore.

§. 1058. Unter dieſen verſtehet man jene Meteore, deren Urſache vorzüglich in einer Verbrennung zu liegen ſcheint. Dazu

zählet man die Feuerkugeln, Sternſchnuppen und Irrlichter.

§. 1059. Feuerkugeln ſind glänzende Kugeln, welche manchmahl in der Atmoſphäre erſcheinen, ſich darin oft durch bedeutende Strecken fortbewegen, manchmahl wieder verſchwinden, manchmahl aber mit Getöſe zerſpringen, und davon dann als Trümmer Steine von verſchiedener Größe auf die Erde niederfallen, welche Erſcheinung man einen Steinregen, die herabgefallenen Maſſen aber Meteormaſſen, Meteorſteine (Aërolithen) nennt. Sie haben äußerlich eine ſchwärzliche Rinde, an welcher geäderte Figuren zu ſehen ſind; erſcheinen mithin deutlich als geſchmolzene Körper. Das Gewicht derſelben iſt verſchieden; man hat deren von einigen Lothen, von mehreren Pfunden, auch von mehreren Zentnern beobachtet. Als Beſtandtheile hat man in den Meteormaſſen aufgefunden: Eiſen, Kieſelerde, Magneſia, Nickel, Schwefel, Kalkerde, Thonerde, Mangan, Natron, Waſſer, Kohlenſtoff, Salzſäure. Kieſelerde iſt ein Hauptbeſtandtheil derſelben; — die erſteren drey ſind in allen Meteorſteinen enthalten; Nickel bey den meiſten. Es ſind auch mehrere Gediegeneiſenmaſſen gefunden worden, denen man einen meteoriſchen Urſprung zuſchreibt, theils weil das Eiſen derſelben mit dem als meteoriſch erwieſenen viele Ähnlichkeit hat, theils weil man ſie an Orten gefunden hat, wo kein Eiſen ſonſt vorkommt, auch keine Eiſengruben oder Eiſenhütten waren.

Einige Beyſpiele merkwürdiger Steinfälle dieſes Jahrhundertes in Europa: bey L'Aigle 1803, bey Alais 1806, im Parmeſaniſchen 1808, bey Stannern in Mähren 1808, bey Liſſa in Böhmen 1808, bey Toulouſe 1812, nicht weit von Langres in Frankreich 1815. Die neueſte Erſcheinung dieſer Art hat Statt gefunden in Mähren im Monathe November 1833. — Unter den vorhandenen meteoriſchen Gediegeneiſenmaſſen iſt nur eine bey Agram in Kroatien 1751 niederfallend beobachtet worden. Sie wog 71 Pfunde, und drang drey Klafter tief in die Erde.

Eine ausführlichere Schilderung der Erſcheinung dieſer Meteore, nebſt

Angabe der Meteormaſſen, welche in verſchiedenen Zeiten herabgefallen ſind, findet man in dem Werke: Über Feuermeteore u. ſ. w. von E. F. Chladni, Wien 1820. Intereſſante Beſchreibungen und Abbildungen von Meteormaſſen enthält folgendes Werk: Beyträge zur Geſch. und Kenntn. metall. Stein- und Metallmaſſen ꝛc. von K. v. Schreibers. Wien 1820.

§. 1060. Der Urſprung dieſer Erſcheinung iſt zweifelhaft; Hypotheſen darüber gibt es mehrere. Manche ſind der Meinung, daß die Meteormaſſen ſich in unſerer Atmoſphäre bilden, andere halten ſie für Auswürfe von Vulkanen, nach andern ſind dieſe Körper gar nicht zu unſerer Erde gehörend. So viel läßt ſich wohl behaupten, daß die Entſtehung derſelben in der Atmoſphäre wenigſtens nicht als abſolut unmöglich ſich darſtellen laſſe. Denn 1) in Beziehung auf die Beſtandſtoffe derſelben, ſind dieſe der Art, wie ſie auf der Erde häufig gefunden werden, und auch in die Atmoſphäre in ausdehnſamer Geſtalt gelangen können; beſonders können eine Menge derſelben durch Vulkane verflüchtigt werden. — 2) In Beziehung auf die Größe der Maſſen iſt es allgemein bekannt, daß bey manchem Regen und Hagel viele Centner Waſſer in tropfbar flüſſiger und feſter Geſtalt niederfallen. — 3) In Beziehung auf die Schnelligkeit des Niederſchlages iſt es nicht nöthig, daß derſelbe augenblicklich Statt finden müſſe, er könnte auch allmählich eingeleitet werden. Übrigens iſt es eine bekannte Sache, daß eine ungeheure Maſſe Schießpulvers (eines feſten Körpers) durch Entzündung augenblicklich in luftförmige Stoffe verwandelt werden könne, und daher ein umgekehrter Prozeß wohl nicht ſchlechterdings unmöglich iſt. — Außer dem iſt noch zu bemerken, daß es Meteormaſſen von ſehr verſchiedener Gattung geben könne und gebe.

Man kann alle verſuchten Erklärungsarten der Meteormaſſen bequem unter folgende Abtheilungen bringen. I. Dieſe Materien kommen von außen in unſere Atmoſphäre. a) Sie ſind Niederſchläge aus der im Weltraume vorhandenen Urmaterie. Kommt nun ein dergleichen Haufen von Materie der Erde nahe: ſo wird er von ihr angezogen, tritt in die Erdatmoſphäre, geht hier anfangs äußerſt ſchnell

fort, entbindet aus der Luft, durch Zuſammendrückung derſelben, Wärme, erhitzet, entzündet ſich, wird zu einer weichen Maſſe, dieſe bläht ſich durch die in ihrem Innern entwickelten gaſigen Stoffe auf, erhärtet zum Theil, zerplatzt, und ihre Trümmer fallen auf die Erde. Nicht immer iſt indeſſen der Vorgang derſelbe, ſie kann auch ſtaubartig u. ſ. w. niedergehen. — b) Die Feuerkugeln ſind eine Art kleiner Satelliten der Erde, die eine Störung in ihrer Bahn erleiden, in die Atmoſphäre treten, ſich erhitzen, zerſpringen, und ſo als Trümmer niederfallen. — c) Sie ſind kleine Trümmer eines zerſtörten Weltkörpers, ſo wie die vier Planetoiden für große Trümmer eines größern zerſtörten Planeten ſind angeſehen worden. — d) Sie ſind Auswürfe aus den Vulkanen des Mondes. — II. Die Meteormaſſen gehören ſchon vor ihrem Niederfalle unſerem Weltkörper zu. — a) Sie bilden ſich in unſerer Atmoſphäre ſelbſt durch einen chemiſchen Prozeß. — b) Sie ſind Auswürfe der Erdvulkane. — Man ſ. auch die oben (§. 1057.) ang. Schrift.

§. 1061. Sternſchnuppen. Man wird öfters bey Nacht leuchtende Erſcheinungen gewahr, welche die Geſtalt eines Sternes haben, und ſich ſchnell in der Atmoſphäre nach verſchiedenen Richtungen bewegen. Man faßt ſie unter dem gemeinſchaftlichen Nahmen der Sternſchnuppen zuſammen. Da (correſpondirenden Beobachtungen und darauf gegründeten Rechnungen zu Folge) manche derſelben in äußerſt beträchtlichen Höhen erſchienen ſind: ſo hat man Grund, ſie mit den (im §. 1059. beſchriebenen) Feuerkugeln in eine Claſſe zu ſetzen. — Indeſſen mag es wohl auch Sternſchnuppen geben, die einen andern Urſprung haben, und vielleicht Körper ſind, welche in der Atmoſphäre (auf eine uns unbekannte Weiſe) entſtehen, ſich ſchnell bewegen und entzünden. Zu dieſer Vermuthung veranlaßt der Umſtand, weil an manchen Abenden ungeheuer viele Sternſchnuppen, an andern beynahe keine geſehen werden, und dieſes alſo dahin zu deuten ſcheint, daß ihre häufige oder ſeltene Erſcheinung von irgend einem Zuſtande der Atmoſphäre abhängen könnte.

Auch Benzenberg, der viele Beobachtungen über Sternſchnuppen angeſtellet hat, glaubt, daß ſie nicht alle zu derſelben Claſſe ge-

hören mögen. — Paracelſus hielt die Sternſchnuppen für Auswürfe der Sterne. Correſpondirende Beobachtungen] über dieſe Meteore haben vorzüglich angeſtellt: Benzenberg und Brandes. — Die aus Beobachtungen beſtimmte Höhe mancher Sternſchnuppen war von einer Meile bis dreyßig Meilen und darüber; — die Geſchwindigkeit hat man geſchätzt auf einige Meilen für eine Secunde, den Durchmeſſer bey manchen auf 40 bis 100 Fuß und darüber.

§. 1062. Die Irrlichter oder Irrwiſche ſind Flämmchen, welche nahe an der Oberfläche der Erde (vorzüglich an Orten, wo thieriſche Körper in Verweſung übergegangen ſind) zu erſcheinen pflegen. Oft ſcheinen dieſe Flämmchen zu hüpfen und weiter zu ſchreiten. Dieſes ſcheinbare Fortſchreiten iſt wahrſcheinlich neu entſtandenen Flämmchen zuzuſchreiben. Für die Urſache dieſer Erſcheinungen hält man das Phosphorwaſſerſtoffgas, welches ſich bey der Fäulniß thieriſcher Körper erwieſener Maßen erzeugt, und die Eigenſchaft hat, in Berührung mit der atmoſphäriſchen Luft ſich zu entzünden.

Die Irrwiſche zeigen ſich in einiger (obgleich geringen) Entfernung von der Erde. Die Urſache davon mag ſeyn, weil bey ruhigem Wetter über der Erdoberfläche eine kleine Schichte von kohlenſaurem Gas ſich befinden mag, durch welche das Phosphorwaſſerſtoffgas erſt durchgehen muß, ehe es ſich in Berührung mit der atmoſphäriſchen Luft entzünden kann. — Bisweilen können wohl auch leuchtende Inſecten ähnliche Phänomene hervorbringen.

## Lichtmeteore.

§. 1063. Zu dieſen rechnet man: das Tageslicht, die Dämmerung, die Farben der Atmoſphäre und der Wolken, den Regenbogen, Höfe um die Himmelskörper, Nebenſonnen und Nebenmonde, die aſtronomiſche und irdiſche Strahlenbrechung, die Luftſpiegelung, das Zodiacallicht.

§. 1064. Das Tageslicht iſt die Folge der von der Atmoſphäre reflectirten Sonnenſtrahlen, und eben ſo iſt es die mindere Helligkeit, welche vor dem Aufgange und nach dem Untergange

der Sonne Statt findet, und die unter den Nahmen der Morgen- und Abenddämmerung bekannt iſt.

§. 1065. Farbe der Atmoſphäre. Bekanntlich erſcheint eine von der Sonne beleuchtete Nebelmaſſe weiß, vorausgeſetzt, daß ſie nicht beſchattet iſt; hier wird das unzerlegte Licht zurückgeworfen. Werden die Wolken durch andere Wolken beſchattet, ſo erſcheinen ſie grau in ſehr verſchiedenen Schattirungen. — Die nebelfreye Atmoſphäre ſcheint ferner die Eigenſchaft zu haben, die mehr brechbaren Strahlen (mithin die blauen) leichter zurückzuwerfen als die weniger brechbaren; daraus ſucht man das Blau des Himmels zu erklären. Dieſes Blau iſt deſto tiefer, je weniger Licht überhaupt reflectirt wird, je mehr mithin der ſchwarze Hintergrund dem Auge erſcheint; daher denn auch dieſe Erſcheinung ſich nach §. 805. erklären ließe. — Die Morgen- und Abendröthe dagegen ſieht man als Folge davon an, daß die am meiſten brechbaren Strahlen (die rothen) auch am ſchwerſten reflectirt werden; daher ſie Abends die letzten, und Morgens die erſten ſind, welche die Atmoſphäre zu durchdringen vermögen. Die äußerſt verſchiedenen Färbungen der Wolken endlich ſind Folgen verſchiedener Brechungen und Zurückſtrahlungen des Lichtes, und können hier nur im Allgemeinen erwähnt werden.

§. 1066. Der Regenbogen. Dieſe ſchöne Erſcheinung beſtehet bekanntlich in einem glänzenden, bogenförmig gekrümmten Streifen, der mit allen prismatiſchen Farben gezieret iſt, und nach innen (d. h. gegen den Mittelpunct der kreisförmigen Krümmung zu) mit Violott, nach außen mit Roth begränzet wird. — Er hat in ſeinem Hintergrunde immer eine dunkle Regenwolke, und erſcheinet immer der Sonne gegenüber, des Morgens nähmlich in Weſten, des Abends in Oſten, und für die Bewohner der nördlichen Erdhalbkugel nie in Süden. — Nach der, beynahe allgemein angenommenen, Meinung entſteht dieſes Phänomen dadurch, daß die Sonnenſtrahlen, welche auf die Regentropfen auffallen, darin gebrochen, und von der Hin-

terwand derſelben zurückgeworfen werden, dann beym Austritte nochmahls eine Brechung und Farbenzerſtreuung erleiden. Dieſe Meinung erhält eine große Wahrſcheinlichkeit dadurch, weil man auch bey Waſſerfällen und Springbrunnen eine ähnliche Erſcheinung gewahr wird, wenn man die Sonne im Rücken, die fallenden Tropfen vor ſich hat. — Öfters erſcheinet über dem hier angedeuteten Regenbogen ein zweyter, deſſen Glanz ſchwächer iſt, und in welchem die Farben umgekehrt geordnet ſind. Man nennet ihn den Nebenregenbogen, jenen innern aber den Hauptregenbogen. Beyde ſind concentriſch.

Die Erklärung des Hauptregenbogens iſt (nach den Geſetzen der Farbenzerſtreuung) folgende. Es ſey (Z. 523.) T ein Waſſertropfen, c deſſen Mittelpunct, und a b einer der unzähligen darauf fallenden Sonnenſtrahlen. Da dieſer Strahl in b in ein dichteres Mittel übergeht: ſo wird er zu dem Einfallslothe b c gebrochen, ſeine neue Richtung iſt nun b d. In dem Puncte d tritt das Licht theils in die Luft über, theils wird es nach dem Reflexionsgeſetze zurückgeworfen. Das Einfallsloth iſt c d, nach der Reflexion nimmt alſo das Licht den Weg d e, einen ſolchen nähmlich, daß b d c = c d e ſey. In e tritt das Licht in die Luft, und wird hier von dem Einfallslothe c e f gebrochen, und überdieß in farbige Strahlen zerlegt, aus denen der rothe Strahl (als der am wenigſten brechbare) den unterſten Weg e r beſchreibt, der violette aber (als der am ſtärkſten gebrochene) den oberſten Weg e v. Übrigens findet auch ſchon bey der erſten Brechung in b eine Farbenzerſtreuung Statt.

Es ſey (Zeichn. 524.) derſelbe Tropfen T, nur kleiner gezeichnet. In einer gewiſſen Entfernung unter dieſem ſey T′ ein anderer Tropfen. In dieſem wird das nähmliche vorgehen; der auffallende Strahl iſt hier a′ b′, parallel mit a b, der gebrochene b′ d′, der zurückgeworfene d′ e′; in e′ wird dieſer ebenfalls in alle farbigen Strahlen zerlegt, wovon e′ r′ (der rothe), und e′ v′ (der violette) die äußerſten ſind. In irgend einem Puncte o trifft der rothe Strahl des obern Tropfens mit dem violetten des untern zuſammen. Befindet ſich nun in o ein Auge: ſo wird es aus dem obern und den benachbarten Tropfen rothes Licht, aus dem untern und den nächſten Tropfen violettes wahrnehmen, aus den zwiſchen T und T′ ſich befindenden Tropfen aber die übrigen farbigen Strahlen erhalten, und alſo ein prismatiſches Bild e e′ ſehen. Es ſey ferner s u eine Linie von dem Mittelpuncte der Sonne, die durch das Auge o

parallel mit a b gezogen angenommen wird. Es drehe ſich der Winkel e o u und e′ o u um s u: ſo werden in jeder Stelle der Peripherie des Kreiſes, welcher von dem Bilde e e′ beſchrieben wird, die prismatiſchen Farben erſcheinen, wenn nähmlich (nach der Vorausſetzung) in allen dieſen Puncten ſich Tropfen befinden; denn alle dieſe Tropfen haben in Beziehung auf das Auge und die Sonne dieſelbe Lage, wie die Tropfen zwiſchen T und T′. Fehlen irgendwo Tropfen: ſo iſt der Farbenring unterbrochen.

Ganz kann aber dieſer farbige Ring nicht erſcheinen, weil ein Theil deſſelben durch den Horizont abgeſchnitten wird. Geſchieht dieſes nicht, wenn der Beobachter nähmlich einen hinlänglich hohen Standpunct hat (ſich z. B. auf dem Gipfel eines ſehr hohen Berges befindet) oder wenn die Tropfenwand äußerſt nahe iſt: ſo kann er den ganzen farbigen Kreis erblicken. Solche ganze Kreiſe ſieht man z. B. in der Tropfenwand eines Waſſerfalles unter den oben angegebenen Umſtänden. — Übrigens iſt aus dem Geſagten klar, daß eigentlich jeder Zuſeher ſeinen eigenen Regenbogen ſehe, d. h. für jeden der Zuſeher wird dieſe Erſcheinung durch andere Tropfen bewirkt.

Den Nebenregenbogen ſucht man aus einer doppelten Brechung und doppelten Zurückwerfung des Lichtes zu erklären. Es ſey nähmlich (Zeichn. 525.) $\alpha$ $\beta$ der einfallende Strahl, welcher in dem Tropfen $\tau$ durch die erſte Brechung den Weg $\beta$ $\gamma$, durch zwey Zurückwerfungen die Wege $\gamma$ $\delta$ und $\delta$ $\varepsilon$ beſchreibt, in dem Puncte $\varepsilon$ aus dem Tropfen wieder heraustritt, hier noch eine Brechung und Farbenzerſtreuung erleidet, ſo daß der am wenigſten gebrochene Strahl (der rothe) den Weg $\varepsilon$ $\rho$ nimmt, der am meiſten gebrochene aber (der violette) den Weg $\varepsilon$ $\upsilon$. Daſſelbe gilt in der Zeichn. 524. von dem Tropfen $\tau$ und $\tau'$. Iſt nun in o, wo $\varepsilon$ $\upsilon$ und $\varepsilon'$ $\rho'$ ſich ſchneiden, ein Auge: ſo ſieht es in dem Tropfen $\tau$ und in den benachbarten die violette Farbe, im Tropfen $\tau'$ und den benachbarten die rothe, in den zwiſchen $\tau$ und $\tau'$ ſich befindenden Tropfen die mittlern Farben. Es entſteht alſo ein Bild, deſſen unteres Ende roth, das obere violett iſt. Nun ergibt ſich aus dem früher Geſagten von ſelbſt, wie die Erſcheinung des ganzen Nebenregenbogens entſtehe. Übrigens iſt der Glanz dieſes Nebenregenbogens nothwendiger Weiſe ſchwächer, indem hier mehr Licht für das Auge verloren geht, als bey der Bildung des Hauptregenbogens. Man ſieht auch, daß es für jeden Sonnenſtrahl in jedem Tropfen nicht nur zwey, ſondern unzählige Zurückwerfungen geben könne, davon in der Zeichn. 526. einige angedeutet

ſind. So könnten bey einer gewiſſen Lage des Auges gegen die Sonne und der Regenwand auch noch andere ſchwache Farbenringe Statt finden. Man ſieht wirklich zuweilen dergleichen Farbenringe. Sie ſind nicht hinlänglich erklärt. Die Erſcheinung derſelben iſt nur ſelten.

Genauen Beobachtungen und Betrachtungen zu Folge muß die Lage der Tropfen ſo beſchaffen ſeyn, daß die auffallenden Sonnenſtrahlen mit den ins Auge gelangenden folgende Winkel bilden:

| | |
|---|---|
| mit den violetten Strahlen des Hauptregenbogens . . | = 40° 17′ |
| mit den rothen Strahlen desſelben. . . . . . . . | = 42° 2′ |
| mit den rothen Strahlen des Nebenregenbogens . . | = 50° 57′ |
| mit den violetten Strahlen desſelben . . . . . . . | = 54° 7′ |

Auch Mondesregenbogen erſcheinen zuweilen. Man erkläret ſie auf dieſelbe Art. Nothwendiger Weiſe ſind ſie weit ſchwächer als die Sonnenregenbogen.

§. 1067. Höfe nennet man lichte Kreiſe, welche man öfters um den Mond, bisweilen (doch ſeltener) um die Sonne, manchmahl wohl auch um die glänzenderen Fixſterne gewahr wird. Es gibt übrigens zwey Gattungen von Höfen, nähmlich kleinere, die an die leuchtenden Körper angeſchloſſen erſcheinen, und größere, die in bedeutenden Entfernungen von jenen Körpern zu ſehen ſind, oft auch durch dieſelben hindurch gehen. Wir ſprechen hier nur von den erſteren. Offenbar liegt die Urſache dieſer kleineren Höfe in den Dünſten der Atmoſphäre; ſie zeigen ſich nur, wenn ein feiner Nebel in derſelben vorhanden iſt. Auch um die Flamme einer Kerze erſcheint ein Hof, wenn ſie durch eine nebelige Luft, oder auch durch eine angehauchte Glasſcheibe geſehen wird. Oft erſcheint auch ein Hof um den Mond, wenn eine leichte Wolke vorüberzieht.

Bisweilen zeigen dieſe Höfe Farben; das Roth an denſelben erſcheint nach außen. Fraunhofer ſuchet ſie aus einer Beugung der Lichtſtrahlen an den Rändern der Dunſtkügelchen zu erklären.

§. 1068. Nebenſonne nennt man ein der Sonne ähnliches am Himmel ſichtbares Bild; Nebenmond iſt ein

ſolches Bild des Mondes. Dieſe Nebenbilder ſind oft die begleitenden Erſcheinungen der oben (§. 1067.) erwähnten größeren Kreiſe; wo nähmlich zwey derſelben einander durchſchneiden, zeiget die lichte Stelle ſich zuweilen in Geſtalt eines Kreuzes, zuweilen als ein Bild des leuchtenden Körpers. Daß hier Spiegelungen Statt finden, daran iſt wohl kein Zweifel. Daß in der Atmoſphäre ſchwebende Eisnadelchen ſolche Spiegelung herbeyführen dürften, wurde von mehreren Forſchern vermuthet. An Wahrſcheinlichkeit gewinnt dieſe Meinung, weil derley Erſcheinungen meiſtens nur im Winter beobachtet werden. In höhern Regionen können indeſſen auch in den wärmern Jahreszeiten Schneekryſtallchen vorhanden ſeyn.

Schon Huygens erklärte dieſe Erſcheinungen aus Eiscylinderchen. Genauer ſind die neueren Theorien von Fraunhofer und Brandes, deren Auseinanderſetzung aber mehr Raum erfordern würde, als bey dieſer gedrängten Überſicht der Meteore (nach §. 1008.) uns zu Gebothe ſteht.

§. 1069. Mit dem Nahmen Waſſerziehen der Sonne bezeichnet man die lichten Streifen, die manchmahl zwiſchen den Wolken zu ſehen ſind. Sie entſtehen dadurch, daß die Strahlen der hinter einem Gewölke ſich befindenden Sonne durch einige Öffnungen des Gewölkes hindurch ſcheinen und niedrigere Nebelſchichten beleuchten; natürlicher Weiſe müſſen dieſe Streifen nach abwärts divergiren.

§. 1070. Von der aſtronomiſchen und irdiſchen Strahlenbrechung, ſo wie von der Luftſpiegelung, iſt bereits an andern Orten (§. 766. Zuſ.) die Rede geweſen.

§. 1071. Das Thierkreislicht (Zodiacallicht). Ein Meteor zweifelhaften Urſprunges. Es beſteht in einem Lichtſchimmer, welcher nach der Richtung des Thierkreiſes in Geſtalt einer ſchrägen Pyramide zur Zeit der Nachtgleichen, und zwar im Herbſte vor Sonnenaufgang am öſtlichen, im Frühlinge nach Sonnenunter-

gang am weſtlichen Himmel, immer von der Sonne abgewendet, vorzüglich in der heißen Zone beobachtet wird.

Nach Mairan's Meinung iſt dieſe Erſcheinung die, entweder ſelbſt leuchtende oder beleuchtete, Sonnenatmoſphäre. Die pyramidenförmige Geſtalt des Meteors iſt (dieſer Anſicht nach) eine Folge der linſenförmigen Geſtalt der erwähnten Atmoſphäre, und dieſe die Folge des ſchnellen Umſchwunges der Sonne um ihre Achſe. Laplace aber folgert aus dem Gravitationsgeſetze, daß die Sonnenatmoſphäre nicht einmahl bis zur Mercursbahn reichen könne.

# Mehrere Tafeln

zu der

# Lehre von den Imponderabilien

und

alphabetiſches Sachregiſter des ganzen Werkes.

# A) Tafeln zum erſten Hauptſtücke.

## I. Tafel über das wärmeleitende Vermögen einiger Körper.

(Zu §. 647.)

1. Leitungsvermögen einiger ſchlechten Wärmeleiter, nach Rumford, verglichen mit dem Leitungsvermögen der Luft.

| Zeiträume der Abkühlung. | | Wärmeleitung. | Zeiträume der Abkühlung. | | Wärmeleitung. |
|---|---|---|---|---|---|
| Luft . . . . . | 576 | 1,0000 | Rohe Seide . . | 1284 | 0,4485 |
| Feines Linnen . . | 1032 | 0,5581 | Caſtorfell . . . | 1296 | 0,4444 |
| Baumwolle . . | 1046 | 0,5506 | Eiderdunen . . | 1305 | 0,4413 |
| Schafwolle . . | 1118 | 0,5152 | Haſenfell . . . | 1315 | 0,4380 |

2. Leitungsvermögen einiger Holzarten, verglichen mit dem des Waſſers (dieſes = 1 geſetzt) nach Mayer.

| Wärmeleitung. | | Specifiſche Wärme. | Wärmeleitung. | | Specifiſche Wärme. |
|---|---|---|---|---|---|
| Waſſer . . . . | 1,00 | 1,00 | Sommereiche . | 3,26 | 0,45 |
| Ebenholz . . . | 2,17 | 0,43 | Birnbaum . . | 3,32 | 0,50 |
| Weißbuche . . | 3,23 | 0,48 | Föhre . . . . | 3,75 | 0,58 |
| Pflaumenbaum . | 3,25 | 0,44 | Tanne . . . . | 3,89 | 0,60 |

Vorzüglich ſchlecht leitend iſt Kork.

3. Wärmeleitungsvermögen einiger Metalle nach Böckmann.

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Wismuth . . | 1000 | Gold . . . . | 455 | Eiſen . . . . | 332 |
| Spießglas . . | 879 | Silber . . . . | 441 | Roſe's Metallgemiſch . . . | 529 |
| Queckſilber . . | 843 | Nickel . . . . | 421 | Meſſing . . . | 346 |
| Bley . . . . | 841 | Zink . . . . | 401 | | |
| Zinn . . . . | 666 | Kupfer . . . . | 340 | | |

4. Leitungsvermögen nach Desprez: Gold = 1000, Silber = 973, Platin = 981, Kupfer = 898.2, Eiſen = 374.3, Zink = 368, Zinn = 303.9, Bley = 179.6, Marmor — 23.6 Porzellan = 12.2 Dieſe Zahlen ſind, wie man ſieht, Verhältnißzahlen.

5. Nach Ingenhouß nimmt die Leitungsfähigkeit nachſtehender Metalle nach folgender Reihe ab: Silber, Gold, Zinn, Kupfer, Eiſen, Platin, Bley. — Richmann fand die Leitungsfähigkeit in folgender Reihe abnehmend: Bley, Zinn, Eiſen, Kupfer, Meſſing.

---

## II. Tafel über die Wärmecapacität einiger Körper, oder ihre ſpecifiſche Wärme.

(Zu §. 650., 654., 659.)

### 1. Über die ſpecifiſche Wärme mehrerer feſten Körper und tropfbar flüſſigen Materien.

| Subſtanzen. | Wärme ſpecifiſche | Wärme relative. | Beobachter. |
|---|---|---|---|
| Kohlenſaures Ammon | 1,8510 | . . . | Kirwan. |
| Arterielles Blut | 1,0300 | . . . | Crawford. |
| Venöſes Blut | 0,8928 | . . . | Derſelbe. |
| Salpeterſäure | 0,8440 | . . . | Lav. u. La Place. |
| Kali-Löſung | 0,7590 | 1,0216 | Kirwan. |
| Baumöhl | 0,7200 | 0,6489 | Derſelbe. |
| Salzſäure | 0,6800 | 0,7630 | Derſelbe. |
| | 0,6000 | 0,6918 | Dalton. |
| Vitriolöhl | 0,3500 | . . . | Derſelbe. |
| | 0,3330 | . . . | Irvine. |
| Salpeterſäure | 0,5760 | 0,7804 | Kirwan. |
| | 0,6300 | 0,8568 | Dalton. |
| | 0,7600 | 0,8120 | |
| Leinöhl | 0,5280 | 0,4965 | Kirwan. |
| Terpentinöhl | 0,4720 | 0,4677 | Derſelbe. |
| | 0,4620 | . . . | Despretz. |
| Weineſſig | 0,3870 | 0,3966 | Kirwan. |
| » deſtillirter | 0,1030 | 0,1039 | |
| Wäſſeriges Ammoniak | 1,0300 | 0,9764 | Dalton. |
| Queckſilber | 0,0330 | 0,4486 | Kirwan. |
| Alkohol (0,793) | 0,6220 | 0,4932 | Despretz. |
| Alkohol (0,817) | 0,7000 | 0,5719 | Dalton. |
| Schwefeläther (0,715) | 0,5200 | 0,3718 | Despretz. |
| Schwefeläther (0,760) | 0,6600 | 0,5016 | Dalton. |
| Wallrathöhl | 0,5200 | . . . | Derſelbe. |
| Eis | 0,9000 | 0,8100 | Kirwan. |
| Muskelfleiſch | 0,7400 | . . . | |
| Fichtenholz | 0,6500 | 0,2652 | Mayer. |
| Tannenholz | 0,6000 | 0,2682 | |
| Lindenholz | 0,6200 | 0,2430 | |
| Pechtanne | 0,5800 | 0,2871 | |

| Subſtanzen. | Wärme ſpecifiſche. | Wärme relative. | Beobachter. |
|---|---|---|---|
| Birnbaum | 0,5000 | 0,3025 | Mayer. |
| Eiche | 0,5100 | 0,2708 | Mayer. |
| Eſche | 0,5100 | 0,3218 | Mayer. |
| Reis | 0,5050 | . . . | Crawford. |
| Erbſen | 0,4920 | . . . | Crawford. |
| Buche | 0,4900 | 0,3390 | Mayer. |
| Birke | 0,4800 | 0,2918 | Mayer. |
| Ulme | 0,4700 | 0,3036 | Mayer. |
| Pflaumbaum | 0,4400 | 0,3023 | Mayer. |
| Gerſte | 0,4210 | . . . | Crawford. |
| Steinkohlen | 0,2777 | . . . | Crawford. |
| Holzkohle | 0,2631 | . . . | Crawford. |
| Kreide | 0,2564 | . . . | Crawford. |
| Gebr. Kalk | 0,3000 | . . . | Dalton. |
| Kalkhydrat | 0,4000 | . . . | Dalton. |
| Kohlenſaurer Kalk | 0,2700 | . . . | Dalton. |
| Kochſalz | 0,2300 | . . . | Dalton. |
| Steingut | 0,1950 | . . . | Kirwan. |
| Achat | 0,1950 | 0,5630 | Wilke. |
| Kryſtall | 0,1929 | 0,6152 | Lavoiſier. |
| Glas | 0,1870 | 0,4461 | Wilke. |
| Flintglas | 0,1900 | 0,6410 | Dalton. |
| Schwefel | 0,1830 | 0,3642 | Kirwan. |
| Glockenſpeiſe | 0,1100 | . . . | Rumford. |
| Silber | 0,0820 | 0,8201 | Wilke. |
| Gold | 0,0500 | 0,9520 | Derſelbe. |
| Wismuth | 0,0430 | 0,4240 | Derſelbe. |
| Antimon | 0,0640 | 0,4289 | Crawford. |
| Zink | 0,1000 | 0,7213 | Dalton. |
| Zinn | 0,0700 | 0,5104 | Dalton. |
| Bley | 0,0400 | 0,4560 | Dalton. |
| Eiſen | 0,1300 | 1,0124 | Dalton. |
| Kupfer | 0,1110 | 0,9755 | Crawford. |
| Kupferoxyd | 0,2270 | . . . | Crawford. |
| Platin | 0,1300 | 2,9712 | Irvine. |

2. Über die ſpecifiſche Wärme mehrerer Gaſe, nach Verſuchen von Delaroche und Berard.

| Gasarten. | Gleiche Gew. | Gleiche Volum. | Waſſer als 1. |
|---|---|---|---|
| Atmoſphäriſche Luft | 1,0000 | 1,0000 | 0,2669 |
| Waſſerſtoffgas | 12,3401 | 0,9033 | 3,2936 |
| Kohlenſäure | 0,8280 | 1,2583 | 6,2210 |
| Sauerſtoffgas | 0,8848 | 0,9765 | 0,2361 |
| Stickgas | 1,0318 | 1,0000 | 0,2754 |
| Salpetergas | 0,8878 | 1,3503 | 0,2369 |
| Oehlerzeugendes Gas | 1,5763 | 1,5530 | 0,4207 |
| Kohlenoxydgas | 1,0805 | 1,0340 | 0,2884 |
| Waſſerdampf | 3,1360 | 1,9600 | 0,8470 |

3. Tafel zu §. 659., in welcher c die Wärmecapacität, a das Atomengewicht und n eine beſtändige Zahl angibt.

| Subſtanzen. | $c = \frac{n}{a}$ | $a = \frac{n}{c}$ | $n = ca$ | Subſtanzen. | $c = \frac{n}{a}$ | $a = \frac{n}{c}$ | $n = ca$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Wismuth . | 0,0288 | 13,30 | 0,3830 | Tellur . . | 0,0912 | 4,03 | 0,3675 |
| Bley . . | 0,0293 | 12,95 | 0,3794 | Kupfer . . | 0,0949 | 3,957 | 0,3755 |
| Gold . . | 0,0298 | 12,43 | 0,3704 | Nickel . . | 0,1035 | 3,69 | 0,3819 |
| Platin . . | 0,0314 | 11,16 | 0,3740 | Eiſen . . | 0,1100 | 3,392 | 0,3731 |
| Zinn . . | 0,0514 | 7,35 | 0,3779 | Kobald . . | 0,1489 | 2,46 | 0,3685 |
| Silber . . | 0,0557 | 6,75 | 0,3759 | Schwefel . | 0,1880 | 2,011 | 0,3780 |
| Zink . . | 0,0927 | 4,03 | 0,3736 | | | | |

## III. Tafel über die Ausdehnung der Körper durch Wärme.

(Zu §. 661. bis §. 668.)

### 1. Ausdehnung einiger feſten Körper (Zu §. 662.).

| Subſtanzen. | Größe bey 100° C. | Beobachter. |
|---|---|---|
| Platin . . . . . . . | 1,00098390 | Dulong und Petit. |
| Gold . . . . . . . . | 1,00146606 | Lavoiſier und La Place. |
| Silber . . . . . . . | 1,00190868 | Dieſelben. |
| Schmiedeeiſen . . . . | 1,00113475 | Dulong und Petit. |
| Gußeiſen . . . . . . | 1,00110940 | Roy. |
| Stahl, ſteyeriſcher . . | 1,00115200 | Horner. |
| Kupfer . . . . . . . | 1,00171820 | Dulong und Petit. |
| Meſſing . . . . . . . | 1,00176042 | Sabine. |
| Wismuth . . . . . . | 1,00139167 | Smeaton. |
| Spiegelmetall . . . . | 1,00193333 | Derſelbe. |
| Spießglanz . . . . . | 1,00108330 | Derſelbe. |
| Zinn . . . . . . . . | 1,00209400 | Horner. |
| Bley . . . . . . . . | 1,00290200 | Derſelbe. |
| Zink . . . . . . . . | 1,00296800 | Derſelbe. |
| Glas im Mittel . . . | 1,00089694 | Lavoiſier und La Place. |
| » . . . . . . . . | 1,00089815 | Muncke's Beobachtungen d. kubiſchen Ausdehnung. |
| Eis . . . . . . . . | 1,02451200 | Plac. Heinrich. |
| Tannenholz . . . . . | 1,00035200 | Struve. |

## 2. Verſchiedene Dichte des Waſſers bey verſchiedener Temperatur, berechnet von Muncke (zu §. 665.).

a) Die Dichtigkeit bey 1 = 0° C. — b) Die Dichtigkeit = 1 bey 3°,78 C.

| T. n. C. | Volumen. | Dichtigkeit. | Volumen. | Dichtigkeit. |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 1,000000 | 1,000000 | 1,000111 | 0,999889 |
| 5 | 0,999900 | 1,000099 | 1,000011 | 0,999989 |
| 10 | 1,000167 | 0,999833 | 1,000278 | 0,999722 |
| 15 | 1,000760 | 0,999240 | 1,000871 | 0,999129 |
| 20 | 1,001643 | 0,998359 | 1,001754 | 0,998248 |
| 25 | 1,002786 | 0,997221 | 1,002897 | 0,997111 |
| 30 | 1,004161 | 0,995856 | 1,004272 | 0,995746 |
| 35 | 1,005745 | 0,994287 | 1,005856 | 0,994178 |
| 40 | 1,007520 | 0,992535 | 1,007631 | 0,992426 |
| 45 | 1,009472 | 0,990617 | 1,009583 | 0,990508 |
| 50 | 1,011591 | 0,988542 | 1,011702 | 0,988433 |
| 55 | 1,013872 | 0,986318 | 1,013982 | 0,986210 |
| 60 | 1,016313 | 0,983950 | 1,016423 | 0,983842 |
| 65 | 1,018918 | 0,981433 | 1,019028 | 0,981326 |
| 70 | 1,021694 | 0,978766 | 1,021805 | 0,978660 |
| 75 | 1,024654 | 0,975938 | 1,024765 | 0,975833 |
| 80 | 1,027814 | 0,972938 | 1,027925 | 0,972834 |
| 85 | 1,031194 | 0,969749 | 1,031305 | 0,969645 |
| 90 | 1,034819 | 0,966352 | 1,034930 | 0,966248 |
| 95 | 1,038720 | 0,962724 | 1,038831 | 0,962621 |
| 100 | 1,042928 | 0,958839 | 1,043039 | 0,958737 |

## 3. Verſchiedene Dichte des Waſſers nach Stampfer (zu §. 665.)

| Temperatur C. | Dichtigkeit, die bey 3°,75C = 1 geſetzt. | Differenzen zwiſchen zwey ſucceſſiven Dichtigkeiten. | Volumen, das bey 3°,75C = 1 geſetzt. | Differenzen zwiſchen zwey ſucceſſiven Volumen. |
|---|---|---|---|---|
| — 3 | 0,999627 | | 1,000373 | |
| 2 | 0,999731 | 104 | 1,000269 | 104 |
| 1 | 0,999818 | 87 | 1,000182 | 87 |
| 0 | 0,999887 | 69 | 1,000113 | 69 |
| + 1 | 0,999939 | 52 | 1,000061 | 52 |
| 2 | 0,999975 | 36 | 1,000025 | 36 |
| 3 | 0,999995 | 20 | 1,000005 | 20 |
| 3,75 | 1,000000 | 5 | 1,000000 | 5 |
| 4 | 0,999999 | 1 | 1,000001 | 1 |
| 5 | 0,999988 | 11 | 1,000012 | 11 |
| 6 | 0,999962 | 26 | 1,000038 | 26 |
| 7 | 0,999921 | 41 | 1,000079 | 41 |
| 8 | 0,999865 | 56 | 1,000135 | 56 |
| 9 | 0,999795 | 70 | 1,000205 | 70 |

| Temperatur C. | Dichtigkeit, die bey 3°,75 C = 1 geſetzt. | Differenzen zwiſchen zwey ſucceſſiven Dichtigkeiten. | Volumen, das bey 3°,75 C = 1 geſetzt. | Differenzen zwiſchen zwey ſucceſſiven Volumen. |
|---|---|---|---|---|
| 10 | 0,999711 | 84 | 1,000289 | 84 |
| 11 | 0,999613 | 98 | 1,000387 | 98 |
| 12 | 0,999503 | 110 | 1,000497 | 110 |
| 13 | 0,999380 | 123 | 1,000620 | 123 |
| 14 | 0,999244 | 136 | 1,000757 | 137 |
| 15 | 0,999095 | 149 | 1,000906 | 149 |
| 16 | 0,998935 | 160 | 1,001066 | 160 |
| 17 | 0,998763 | 172 | 1,001239 | 173 |
| 18 | 0,998580 | 183 | 1,001422 | 183 |
| 19 | 0,998386 | 194 | 1,001617 | 195 |
| 20 | 0,998180 | 206 | 1,001822 | 205 |
| 21 | 0,997965 | 215 | 1,002039 | 217 |
| 22 | 0,997740 | 225 | 1,002265 | 226 |
| 23 | 0,997504 | 236 | 1,002502 | 237 |
| 24 | 0,997259 | 245 | 1,002749 | 247 |
| 25 | 0,997003 | 256 | 1,003005 | 256 |
| 26 | 0,996740 | 263 | 1,003271 | 266 |
| 27 | 0,996468 | 272 | 1,003545 | 274 |
| 28 | 0,996187 | 281 | 1,003828 | 283 |
| 29 | 0,995898 | 289 | 1,004119 | 291 |
| 30 | 0,995601 | 297 | 1,004418 | 299 |
| 31 | 0,995296 | 305 | 1,004726 | 308 |
| 32 | 0,994984 | 312 | 1,005041 | 315 |
| 33 | 0,994665 | 319 | 1,005363 | 322 |
| 34 | 0 994338 | 327 | 1,005694 | 331 |
| 35 | 0,994004 | 334 | 1,006032 | 338 |
| 36 | 0,993665 | 339 | 1,006375 | 343 |
| 37 | 0,993320 | 345 | 1,006725 | 350 |
| 38 | 0,992968 | 352 | 1,007081 | 356 |
| 39 | 0,992611 | 357 | 1,007444 | 363 |
| 40 | 0,992247 | 364 | 1,007813 | 369 |

## 4. Dichte des Alkohols bey verſchiedener Temperatur, nach Muncke (zu §. 665.).

| t | Volumen. | Dichtigkeit. | t | Volumen. | Dichtigkeit. |
|---|---|---|---|---|---|
| —40 | 0,96873 | 1,03227 | 25 | 1,02616 | 0,97450 |
| —20 | 0,98179 | 1,01854 | 30 | 1,03165 | 0,96932 |
| —10 | 0,99045 | 1,00964 | 35 | 1,03720 | 0,96413 |
| — 5 | 0,99513 | 1,00489 | 40 | 1,04284 | 0,95892 |
| 5 | 1,00502 | 0,99501 | 45 | 1,04856 | 0,95368 |
| 10 | 1,01016 | 0,98994 | 50 | 1,05439 | 0,94841 |
| 15 | 1,01541 | 0,98482 | 55 | 1,06035 | 0,94308 |
| 20 | 1,02075 | 0,97967 | 60 | 1,06646 | 0,93767 |

5. Ältere Tafel über die Ausdehnung einiger tropfbar flüſſigen Materien. (Zu §. 665.)

| Thermometerſtand. | Queckſilber nach Deluc. | Schwefelſäure nach Thomſon. | Waſſer nach Blagden. | Leinöhl nach Newton. | Alkohol nach Gilpin. |
|---|---|---|---|---|---|
| 32° F. | 100000 | — — | — — | 100000 | 100000 |
| 40 | 100081 | 99752 | — — | — — | 100539 |
| 50 | 100183 | 100000 | 100023 | — — | 101105 |
| 60 | 100304 | 100279 | 100091 | — — | 101688 |
| 70 | 100406 | 100568 | 100197 | — — | 102281 |
| 80 | 100508 | 100806 | 100332 | — — | 102890 |
| 90 | 100610 | 101054 | 100694 | — — | 103517 |
| 100 | 100712 | 101317 | 100908 | 102760 | 104162 |
| 110 | 100813 | 101540 | — — | — — | — — |
| 120 | 100915 | 101834 | 101404 | — — | — — |
| 130 | 101017 | 102097 | — — | — — | — — |
| 140 | 101119 | 102320 | — — | — — | — — |
| 150 | 101220 | 102614 | 102017 | — — | — — |
| 160 | 101322 | 102893 | — — | — — | — — |
| 170 | 101424 | 103116 | — — | — — | — — |
| 180 | 101526 | 103339 | — — | — — | — — |
| 190 | 101628 | 103587 | 103617 | — — | — — |
| 200 | 101780 | 103911 | — — | — — | — — |
| 212 | 101835 | — — | 104577 | 107250 | — — |

6. Vergleichung der höheren Grade des Luftthermometers mit denen des Queckſilberthermometers, nach Muncke (zu §. 668.).

| Queckſilbertherm. | Luftthermometer. | Queckſilbertherm. | Luftthermometer. | Queckſilbertherm. | Luftthermometer. |
|---|---|---|---|---|---|
| 105 | 104,886 | 160 | 158,398 | 230 | 225,992 |
| 110 | 109,786 | 165 | 163,242 | 240 | 235,478 |
| 115 | 114,647 | 170 | 168,082 | 250 | 245,050 |
| 120 | 119,522 | 175 | 172,919 | 260 | 254,608 |
| 125 | 124,395 | 180 | 177,752 | 270 | 264,152 |
| 130 | 129,262 | 185 | 182,582 | 280 | 273,682 |
| 135 | 134,127 | 190 | 187,408 | 290 | 283,198 |
| 140 | 138,988 | 195 | 192,231 | 300 | 292,700 |
| 145 | 143,711 | 200 | 197,050 | 320 | 311,662 |
| 150 | 148,700 | 210 | 206,778 | 340 | 330,568 |
| 155 | 153,551 | 220 | 216,342 | 350 | 340,000 |

# IV. Tafel über die Schmelzpuncte verſchiedener Körper.

(Zu §. 669.)

## 1. Schmelzpuncte nach Dalton, Chaptal und Guyton.

| Subſtanzen. | Dalton. Temp. n. Wedgw. | Chaptal. Temp. n. Cent. | Guyton. Temp. n. Wedgw. | Guyton. Temp. n. Cent. |
|---|---|---|---|---|
| Scheel . . . . . . . . | 170 | 12821 | — | — |
| Platin . . . . . . . . | 170 | 12821 | — | — |
| Mangan . . . . . . . | 160 | 12100 | 160 | 5825 |
| Eiſen . . . . . . . . | 158 | 11956 | 175 | 6346 |
| Gußeiſen . . . . . . . | — | — | 130 | 4783 |
| Nickel . . . . . . . . | 150 | 11380 | — | — |
| Kobalt . . . . . . . . | 130 | 9940 | — | — |
| Hitze der Eſſe . . . . | 125 | 9580 | — | — |
| Fayance-Ofen . . . . | 124 | 9508 | 155 | 5642 |
| Gold . . . . . . . . | 32 | 2884 | 32 | 1381 |
| Flintglaskühlofen . . . | 29 | 2668 | — | — |
| Silber . . . . . . . . | 28 | 2596 | 22 | 1034 |
| Kupfer . . . . . . . . | 27 | 2524 | 27 | 1207 |
| Meſſing . . . . . . . | 21 | 2092 | — | — |
| Diamant brennt . . . . | 14 | 1588 | — | — |

## 2. Andere Beſtimmungen der Schmelzpuncte nach Graden der hunderttheiligen Scale.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Bernſtein . . . . . . . | 283 | Eſſig . . . . . . . . | — 2 |
| Kampfer . . . . . . . . | 175 | Seewaſſer . . . . . . | — 5 |
| Schwefel . . . . . . . | 109 | Burgunder . . . . . . | — 7 |
| Jod . . . . . . . . . . | 107 | Blauſäure . . . . . . | — 15 |
| Natrium . . . . . . . . | 90 | Vitriolöhl . . . . . . | — 25 |
| Schwarzes Pech . . . . | 77 | Eſſigſäure . . . . . . | — 30 |
| Weißes Wachs . . . . . | 68 | Queckſilber . . . . . . | — 39 |
| Gelbes Wachs . . . . . | 61 | Schwefelſäure (1,836 ſpecifiſches Gewicht) . . . | — 39 |
| Kalium . . . . . . . . | 58 | Rauchende Salpeterſäure . | — 40 |
| Hammelstalg . . . . . | 51 | Schwefeläther? . . . . | — 44 |
| Phosphor . . . . . . . | 46 | Ammoniak? . . . . . . | — 50 |
| Wallrath . . . . . . . | 42 | Petroleum . . . . . . | — 71 |
| Butter . . . . . . . . | 30 | Weingeiſt? . . . . . . | — 79 |
| Waſſer . . . . . . . . | 0 | | |
| Milch . . . . . . . . . | —1 | | |

### 3. Über die Temperaturen, bey welchen verſchiedene Miſchungen aus Wismuth, Zinn und Bley ſchmelzen (zu §. 669.).

| Miſchung aus | | | Wärmegrad nach Fahrenh. bey dem die Miſchung ſchmilzt. | Miſchung aus | | | Wärmegrad nach Fahrenh. bey dem die Miſchung ſchmilzt. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Wismuth | Bley | Zinn | | Wismuth | Bley | Zinn | |
| Theile. | Theile. | Theile. | | Theile. | Theile. | Theile. | |
| 8 | 8 | 3 | 202 | 8 | 18 | 24 | 312 |
| 8 | 6 | 3 | 208 | 8 | 20 | 24 | 310 |
| 8 | 8 | 3 | 226 | 8 | 22 | 24 | 308 |
| 8 | 8 | 4 | 236 | 8 | 24 | 24 | 310 |
| 8 | 8 | 6 | 243 | 8 | 26 | 24 | 320 |
| 8 | 8 | 8 | 254 | 8 | 28 | 24 | 330 |
| 8 | 10 | 8 | 266 | 8 | 30 | 24 | 242 |
| 8 | 12 | 8 | 270 | 8 | 32 | 24 | 352 |
| 8 | 16 | 8 | 300 | 8 | 32 | 26 | 348 |
| 8 | 16 | 10 | 304 | 8 | 32 | 28 | 332 |
| 8 | 16 | 12 | 294 | 8 | 32 | 30 | 328 |
| 8 | 16 | 14 | 290 | 8 | 32 | 32 | 320 |
| 8 | 16 | 16 | 292 | 8 | 32 | 34 | 318 |
| 8 | 16 | 18 | 298 | 8 | 32 | 36 | 320 |
| 8 | 16 | 20 | 304 | 8 | 32 | 38 | 322 |
| 8 | 16 | 22 | 312 | 8 | 32 | 40 | 324 |
| 8 | 16 | 24 | 316 | | | | |

### 4. Über einige Kälte erregenden Miſchungen. (Zu §. 672.)

| Miſchungen. | Das 80theilige Thermometer ſinket von | auf |
|---|---|---|
| 5 Theile Salmiak<br>5 — Salpeter<br>16 — Waſſer | + 10° | — 10° |
| 5 Theile Salmiak<br>5 — Salpeter<br>8 — Glauberſalz<br>16 — Waſſer | + 10° | — 12½° |
| 1 Theil ſalpeterſ. Ammoniak<br>1 — Waſſer | + 10° | — 12½° |
| 1 Theil ſalpeterſ. Ammoniak<br>1 — kohlenſ. Natron<br>1 — Waſſer | + 10° | — 11° |

| Miſchungen. | Das 80theilige Thermometer ſinket | |
|---|---|---|
| | von | auf |
| 3 Theile Glauberſalz<br>2 — verdünnte Salpeterſäure | + 10° | — 12° |
| 6 Theile Glauberſalz<br>4 — Salmiak<br>2 — Salpeter<br>4 — verdünnte Salpeterſäure | + 10° | — 10° |
| 6 Theile Glauberſalz<br>5 — ſalpeterſaures Ammoniak<br>4 — verdünnte Salpeterſäure | + 10° | — 8° |
| 9 Theile phosphorſaures Natron<br>4 — verdünnte Salpeterſäure | + 10° | — 9° |
| 9 Theile phosphorſaures Natron<br>6 — Salmiak<br>4 — verdünnte Salpeterſäure | + 10° | — 5° |
| 8 Theile Glauberſalz<br>5 — Salzſäure | + 10° | — 14° |
| 5 Theile Glauberſalz<br>4 — verdünnte Schwefelſäure | + 10° | — 14° |
| 1 Theil Schnee<br>1 — Kochſalz | 0 | — 14° |
| 3 Theile ſalzſaurer Kalk<br>2 — Schnee | 0 | — 36° |
| 4 Theile Kali<br>3 — Schnee | 0 | — 37° |
| 1 Theil Schnee<br>1 — verdünnte Schwefelſäure | — 5° | — 41° |
| 2 Theile Schnee oder geſtoßenes Eis<br>1 Theil Kochſalz | — 14° | — 17° |
| 1 Theil verdünnte Salpeterſäure<br>1 — Schnee | — 14° | — 35° |
| 2 Theile ſalzſaurer Kalk<br>1 Theil Schnee | — 14° | — 44° |
| 1 Theil Schnee<br>5 Theile Kochſalz<br>5 — ſalzſ. Ammoniak u. Salpeter | — 16° | — 22° |

| Miſchungen. | Das 80theilige Thermometer ſinket von | auf |
|---|---|---|
| 2 Theile Schnee<br>1 Theil verdünnte Schwefelſäure<br>1 — verdünnte Salpeterſäure | — 19° | — 40° |
| 12 Theile Schnee<br>5 — Kochſalz<br>5 — ſalpeterſaures Ammoniak | — 22° | — 25° |
| 3 Theile ſalzſaurer Kalk<br>1 Theil Schnee | — 32° | — 47° |
| 10 Theile verdünnte Schwefelſäure.<br>8 — Schnee | — 44° | — 55° |

## V. Tafel über das Sieden und über Dämpfe und Dünſte.

(Zu §. 677.)

### 1. Über die Siedepuncte einiger Flüſſigkeiten bey der Barometerhöhe von 28 Par. Zoll.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Schweflichte Säure . . | 10° C. | Waſſer . . . . . . . . | 100 |
| Salzäther . . . . . . | 12 | Terpenthinöhl . . . . . . | 157 |
| Salpeternaphtha . . . | 21 | Jod . . . . . . . . . . | 180 |
| Blauſäure . . . . . . | 26,5 | Kampher . . . . . . . . | 284 |
| Schwefeläther . . . | 35,66 | Vitriolöhl . . . . . . . | 287 |
| Schwefelkohlenſtoff . . | 46,6 | Phosphor . . . . . . . . | 288 |
| Alkohol . . . . . . . | 78,41 | Schwefel . . . . . . . . | 293 |
| Petroleum . . . . . | 85,5 | Queckſilber . . . . . . . | 356 |

### 2. Über die Temperatur, bey welcher reines Waſſer bey verſchiedenem Atmoſphärendrucke ſiedet. (Zu §. 678.)

| Waſſer ſiedet | |
|---|---|
| bey der Barometerhöhe von | bey einer Temperatur von |
| » 28 Par. Zoll . . . . | 80° der 80theiligen Scale. |
| » 26 » » . . . . . | 78,44 » » » |
| » 25 » » . . . . . | 77,61 » » » |
| » 10,500 » » . . . . . | 60 » » » |
| » 1,856 » » . . . . . | 30 » » » |
| » 0,309 » » . . . . . | 10 » » » |
| » 0 » » . . . . . | 0 » » » |

### 3. Über die Expanſivkraft des Waſſerdampfes bey verſchiedenen Temperaturen, nach Dalton's Verſuchen (zu §. 690.).

(Dichte des Waſſers = 1 bey 0° C.)

| Temperatur nach F. | Expanſivkraft in Millimetern. | Dichte | Temperatur nach F. | Expanſivkraft in Millimetern. | Dichte |
|---|---|---|---|---|---|
| —20° | 1,333 | 0,00000154 | +11° | 10,074 | 0,00001032 |
| 19 | 1,429 | | 12 | 10,707 | 0,00001092 |
| 18 | 1,531 | | 13 | 11,378 | 0,00001157 |
| 17 | 1,638 | | 14 | 12,087 | 0,00001224 |
| 16 | 1,755 | | 15 | 12,837 | 0,00001299 |
| —15 | 1,879 | 0,0000 0212 | 16 | 13,630 | 0,00001372 |
| 14 | 2,011 | | 17 | 14,468 | 0,00001451 |
| 13 | 2,152 | | 18 | 15,353 | 0,00001534 |
| 12 | 2,302 | | 19 | 16,288 | 0,00001622 |
| 11 | 2,461 | | 20 | 17,314 | 0,00001718 |
| —10 | 2,631 | 0,00000292 | 21 | 18,317 | 0,00001811 |
| 9 | 2,812 | | 22 | 19,417 | 0,00001914 |
| 8 | 3,005 | | 23 | 20,577 | 0,00002021 |
| 7 | 3,210 | | 24 | 21,805 | 0,00002133 |
| 6 | 3,428 | | 25 | 23,090 | 0,00002252 |
| — 5 | 3,660 | 0,00000398 | 26 | 24,452 | 0,00002376 |
| 4 | 3,907 | | 27 | 25,881 | 0,00002507 |
| 3 | 4,170 | | 28 | 27,390 | 0,00002643 |
| 2 | 4 448 | | 29 | 29,045 | 0,00002794 |
| 1 | 4,745 | | 30 | 30,643 | 0,00002938 |
| 0 | 5,059 | 0,00000540 | | | |
| + 1 | 5,393 | 0,00000573 | 31 | 32,410 | 0,00003097 |
| 2 | 5,748 | 0,00000609 | 32 | 34,261 | 0,00003263 |
| 3 | 6,123 | 0,00000646 | 33 | 36,188 | 0,00003435 |
| 4 | 6,523 | 0,00000686 | 34 | 38,254 | 0,00003619 |
| 5 | 6,947 | 0,00000727 | 35 | 40,404 | 0,00003809 |
| 6 | 7,396 | 0,00000772 | 36 | 42,743 | 0,00004017 |
| 7 | 7,871 | 0,00000818 | 37 | 45,038 | 0,00004219 |
| 8 | 8,375 | 0,00000867 | 38 | 47,579 | 0,00004442 |
| 9 | 8,909 | 0,00000919 | 39 | 50,147 | 0,00004666 |
| 10 | 9,475 | 0,00000974 | 40 | 52,998 | 0,00004916 |

| Temperatur nach F. | Expanſivkraft in Millimetern. | Dichte. | Temperatur nach F. | Expanſivkraft in Millimetern. | Dichte. |
|---|---|---|---|---|---|
| +41° | 55,772 | 0,00005156 | +71° | 239,450 | 0,00020174 |
| 42 | 58,792 | 0,00005418 | 72 | 250,230 | 0,00021013 |
| 43 | 61,958 | 0,00005691 | 73 | 261,430 | 0,00021889 |
| 44 | 65,627 | 0,00006023 | 74 | 273,030 | 0,00022794 |
| 45 | 68,751 | 0,00006274 | 75 | 285,070 | 0,00023789 |
| 46 | 72,393 | 0,00006585 | 76 | 297,570 | 0,00024702 |
| 47 | 76,205 | 0,00006910 | 77 | 310,490 | 0,00025699 |
| 48 | 80,195 | 0,00007242 | 78 | 323,890 | 0,00026739 |
| 49 | 84,370 | 0,00007602 | 79 | 337,760 | 0,00027789 |
| 50 | 88,742 | 0,00007970 | 80 | 352,080 | 0,00028889 |
| 51 | 93,301 | 0,00008354 | 81 | 367,000 | 0,00030025 |
| 52 | 98,075 | 0,00008753 | 82 | 382,380 | 0,00031195 |
| 53 | 103,060 | 0,00009174 | 83 | 398,280 | 0,00032399 |
| 54 | 108,270 | 0,00009606 | 84 | 414,730 | 0,00033637 |
| 55 | 113,710 | 0,00010054 | 85 | 431,710 | 0,00034916 |
| 56 | 119,390 | 0,00010525 | 86 | 449,260 | 0,00036237 |
| 57 | 125,310 | 0,00011011 | 87 | 467,380 | 0,00037590 |
| 58 | 131,500 | 0,00011523 | 88 | 486,090 | 0,00038984 |
| 59 | 137,940 | 0,00012044 | 89 | 505,380 | 0,00040417 |
| 60 | 144,660 | 0,00012599 | 90 | 525,280 | 0,00041891 |
| 61 | 151,700 | 0,00013179 | 91 | 545,800 | 0,00043405 |
| 62 | 158,960 | 0,00013760 | 92 | 566,950 | 0,00044956 |
| 63 | 166,560 | 0,00014374 | 93 | 588,740 | 0,00046556 |
| 64 | 174,470 | 0,00015010 | 94 | 611,180 | 0,00048201 |
| 65 | 182,710 | 0,00015668 | 95 | 634,270 | 0,00049886 |
| 66 | 191,270 | 0,00016356 | 96 | 658,050 | 0,00051613 |
| 67 | 200,180 | 0,00017066 | 97 | 682,590 | 0,00053388 |
| 68 | 209,440 | 0,00017797 | 98 | 707,630 | 0,00055191 |
| 69 | 210,060 | 0,00018566 | 99 | 733,460 | 0,00057055 |
| 70 | 229,070 | 0,00019355 | 100 | 760,000 | 0,00958955 |

4. Über die Expanſivkraft der Waſſerdämpfe nach Verſuchen, welche im k. k. polyt. Inſtitute in Wien im J. 1818 ſind angeſtellt worden, aus einer Abhandlung von J. Arzberger, Prof. der Maſchinenlehre daſelbſt, abgedruckt in den Jahrbüchern des genannten Inſtitutes, Bd. I. S. 158. (zu §. 690.).

| Temperatur. | | Elaſticität ausgedrückt | | Anzahl der Kubikfuße Dampf aus 1 Pfund Waſſer. |
|---|---|---|---|---|
| 100theilige Scale. | 80theilige Scale | in Queckſilberſäulen nach Wiener Zollen. | in Wiener Pfunden auf den Quadratzoll. | |
| 0° | 0° | 0,132 | 0,058 | 4786 |
| 5 | 4 | 0,197 | 0,087 | 3249 |
| 10 | 8 | 0,290 | 0,129 | 2253 |
| 15 | 12 | 0,420 | 0,186 | 1589 |
| 20 | 16 | 0,591 | 0,261 | 1146 |
| 25 | 20 | 0,847 | 0,375 | 813,5 |
| 30 | 24 | 1,125 | 0,497 | 622,6 |
| 35 | 28 | 1,665 | 0,736 | 428,4 |
| 40 | 32 | 2,025 | 0,896 | 358,1 |
| 45 | 36 | 2,675 | 1,183 | 275,5 |
| 50 | 40 | 3,463 | 1,532 | 216,3 |
| 55 | 44 | 4,453 | 1,97 | 170,8 |
| 60 | 48 | 5,673 | 2,51 | 136,2 |
| 65 | 52 | 7,140 | 3,15 | 109,8 |
| 70 | 56 | 8,919 | 3,94 | 89,27 |
| 75 | 60 | 11,05 | 4,88 | 73,16 |
| 80 | 64 | 13,57 | 6,00 | 60,42 |
| 85 | 68 | 16,55 | 7,32 | 50,27 |
| 90 | 72 | 20,10 | 8,89 | 41,89 |
| 95 | 76 | 24,08 | 10,65 | 35,51 |
| 100 | 80 | 28,78 | 12,6 | 30,14 |
| 105 | 84 | 34,17 | 15,1 | 25,72 |
| 110 | 88 | 40,34 | 17,8 | 22,08 |
| 115 | 92 | 47,39 | 20,9 | 19,05 |
| 120 | 96 | 55,52 | 24,5 | 16,47 |
| 125 | 100 | 64,56 | 28,5 | 14,35 |
| 130 | 104 | 74,48 | 32,9 | 12,60 |
| 135 | 108 | 85,83 | 37,9 | 11,07 |
| 140 | 112 | 98,42 | 43,5 | 9,775 |
| 145 | 116 | 112,50 | 49.7 | 8,660 |
| 150 | 120 | 128,65 | 56,9 | 7.661 |
| 155 | 124 | 145,12 | 64,2 | 6,874 |
| 160 | 128 | 163,91 | 72,4 | 6,157 |
| 165 | 232 | 184,60 | 81,7 | 5,532 |

| Temperatur. | | Elaſticität ausgedrückt | | Anzahl der Kubikfuße Dampf aus 1 Pfund Waſſer. |
|---|---|---|---|---|
| 100theilige Scale. | 80theilige Scale. | in Queckſilberſäulen nach Wiener Zollen. | in Wiener Pfunden auf den Quadratzoll. | |
| 170 | 236 | 207,21 | 91,7 | 4,986 |
| 175 | 140 | 231,15 | 102,3 | 4,508 |
| 180 | 144 | 258,71 | 114,4 | 4,085 |
| 185 | 148 | 287,80 | 127,3 | 3,714 |
| 190 | 152 | 319,2 | 141,2 | 3,385 |
| 195 | 156 | 353,2 | 156,3 | 3,093 |
| 200 | 160 | 389,8 | 172,4 | 2,832 |
| 205 | 164 | 429.2 | 189,9 | 2,599 |
| 210 | 168 | 471,5 | 208,6 | 2,392 |
| 215 | 172 | 516,5 | 228,5 | 2,206 |
| 220 | 176 | 565,0 | 250,0 | 2,038 |
| 225 | 180 | 616,7 | 272,8 | 1,886 |

5. Vergleichende Tafel über die Spannkraft der Waſſerdämpfe im Maximum bey einigen Temperaturen, zu Folge der Verſuche verſchiedener Phyſiker (zu §. 690.).

| Tp. n. der 100 theiligen Scala. | Spannkraft in Pariſer Linien nach Verſuchen von | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Schmidt. | Dalton. | Ure. | Arzberger. | Mittel aus den Verſ. | nach Auguſt's Formel. |
| 0° | 2,16 | 2,25 | 2,25 | 1,78 | 2,10 | 2,244 |
| 10 | 4,80 | 4,90 | 4,59 | 4,09 | 4.62 | 5,102 |
| 20 | 11,96 | 10,22 | 10,33 | 9,89 | 10,08 | 10,722 |
| 30 | 25,80 | 20,54 | 20,19 | 21,12 | 20,35 | 21,581 |
| 40 | 43,06 | 39,29 | 38,26 | 40,44 | 39,23 | 40,752 |
| 50 | 76,80 | 72,32 | 73,03 | 74,35 | 72,80 | 73,329 |
| 60 | 131,76 | 126,00 | 126,30 | 129,03 | 126,34 | 126,400 |
| 70 | 215,04 | 210,61 | 210,47 | 213,45 | 211,20 | 209,667 |
| 80 | 336,00 | 336,00 | 336,00 | 336,07 | 336,00 | 336,000 |
| | | Chriſtian. | | Robiſon | | |
| 90 | 525,24 | 510,51 | 525,08 | 551,93 | 525,29 | 516,792 |
| 100 | 804,00 | 759,43 | 776,17 | 852,58 | 789,05 | 773,270 |
| 110 | 1208,6 | 1154,64 | 1129,5 | 1181,9 | 1155,9 | 1135,00 |
| 120 | | 1607,28 | 1612,1 | | 1612,1 | 1609,99 |
| 130 | | 2143,08 | | | | 2249,09 |

## 6. Spannkraft der Dämpfe ausgedrückt in Atmoſphären (zu §. 690.).

| Temperatur | Expanſivkraft in Atmoſphären | Temperatur | Expanſivkraft in Atmoſphären | Expanſivkraft in Atmoſphären | Entſprechende Temperatur | Expanſivkraft in Atmoſphären | Entſprechende Temperatur |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 100° | 1 | 195 | 13,36 | 1 | 100° C. | 13 | 193,7 |
| 105 | 1,18 | 200 | 15,02 | 1½ | 112,2 | 14 | 197,19 |
| 110 | 1,41 | 205 | 16,46 | 2 | 121,4 | 15 | 200,48 |
| 115 | 1,66 | 210 | 18,21 | 2½ | 128,8 | 16 | 203,60 |
| 120 | 1,95 | 215 | 20,11 | 3 | 135,1 | 17 | 206,57 |
| 125 | 2,28 | 220 | 22,17 | 3½ | 140,6 | 18 | 209,4 |
| 130 | 2,64 | 225 | 24,38 | 4 | 145,4 | 19 | 212,1 |
| 135 | 3,06 | 230 | 26,77 | 4½ | 149,06 | 20 | 214,7 |
| 140 | 3,51 | 235 | 29,34 | 5 | 153,08 | 21 | 217,2 |
| 145 | 4,04 | 240 | 32,11 | 5½ | 156,8 | 22 | 219,6 |
| 150 | 4,61 | 245 | 35,09 | 6 | 160,2 | 23 | 221,9 |
| 155 | 5,25 | 250 | 38,27 | 6½ | 163,48 | 24 | 224,2 |
| 160 | 5,96 | 255 | 41,69 | 7 | 166,5 | 25 | 226,3 |
| 165 | 6,75 | 260 | 45,36 | 7½ | 169,37 | 30 | 236,2 |
| 170 | 7,70 | | | 8 | 172,1 | 35 | 244,85 |
| 175 | 8,56 | | | 9 | 177,1 | 40 | 252,55 |
| 180 | 9,72 | | | 10 | 181,6 | 45 | 259,52 |
| 185 | 10,75 | | | 11 | 186,03 | 50 | 265,89 |
| 190 | 12,00 | | | 12 | 190,0 | | |

## VI. Tafeln in Beziehung auf das Schwefelätherhygrometer von Daniell (§. 697.), das Pſychrometer von Auguſt (§. 698.) und das Haarhygrometer (§. 700.), nebſt dem Verfahren, vorzüglich durch die zwey erſteren den Feuchtigkeitszuſtand der Atmoſphäre zu erforſchen.

### 1. Über die Spannkraft des Waſſerdunſtes im Maximum, für Reaumur'ſche Grade, in Pariſer Linien.

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| —29 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,11 | 0,11 | 0,11 | 0,11 | 0,11 | 0,11 |
| 28 | 0,13 | 0,13 | 0,13 | 0,13 | 0,13 | 0,13 | 0,13 | 0,12 | 0,12 | 0,12 |
| 27 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,14 | 0,14 | 0,14 | 0,14 | 0,14 | 0,14 |
| 26 | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,16 | 0,16 | 0,16 | 0,16 | 0,16 | 0,16 | 0,15 |
| 25 | 0,19 | 0,19 | 0,19 | 0,18 | 0,18 | 0,18 | 0,18 | 0,18 | 0,17 | 0,17 |
| —24 | 0,21 | 0,21 | 0,21 | 0,21 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,19 |
| 23 | 0,24 | 0,24 | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,23 | 0,22 | 0,22 | 0,22 | 0,22 |
| 22 | 0,27 | 0,26 | 0,26 | 0,26 | 0,26 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,24 | 0,24 |
| 21 | 0,30 | 0,29 | 0,29 | 0,29 | 0,28 | 0,28 | 0,28 | 0,28 | 0,27 | 0,27 |
| 20 | 0,33 | 0,33 | 0,33 | 0,32 | 0,32 | 0,31 | 0,31 | 0,31 | 0,30 | 0,30 |
| —19 | 0,37 | 0,36 | 0,36 | 0,36 | 0,35 | 0,35 | 0,34 | 0,34 | 0,34 | 0,33 |
| 18 | 0,41 | 0,40 | 0,40 | 0,40 | 0,39 | 0,39 | 0,38 | 0,38 | 0,38 | 0,37 |
| 17 | 0,45 | 0,45 | 0,44 | 0,44 | 0,43 | 0,43 | 0,43 | 0,42 | 0,42 | 0,41 |
| 16 | 0,50 | 0,50 | 0,49 | 0,49 | 0,48 | 0,48 | 0,47 | 0,47 | 0,46 | 0,46 |
| 15 | 0,56 | 0,55 | 0,54 | 0,54 | 0,53 | 0,53 | 0,52 | 0,52 | 0,51 | 0,51 |
| —14 | 0,62 | 0,61 | 0,60 | 0,59 | 0,59 | 0,58 | 0,58 | 0,57 | 0,57 | 0,56 |
| 13 | 0,68 | 0,67 | 0,66 | 0,66 | 0,65 | 0,64 | 0,64 | 0,63 | 0,62 | 0,62 |
| 12 | 0,75 | 0,74 | 0,73 | 0,73 | 0,72 | 0,71 | 0,70 | 0,70 | 0,69 | 0,68 |
| 11 | 0,82 | 0,82 | 0,81 | 0,80 | 0,79 | 0,78 | 0,77 | 0,77 | 0,76 | 0,75 |
| 10 | 0,90 | 0,90 | 0,89 | 0,88 | 0,87 | 0,86 | 0,85 | 0,85 | 0,84 | 0,83 |
| — 9 | 0,99 | 0,98 | 0,97 | 0,97 | 0,96 | 0,95 | 0,94 | 0,93 | 0,92 | 0,91 |
| 8 | 1,09 | 1,08 | 1,07 | 1,06 | 1,05 | 1,04 | 1,03 | 1,02 | 1,01 | 1,00 |
| 7 | 1,20 | 1,19 | 1,18 | 1,16 | 1,15 | 1,14 | 1,13 | 1,12 | 1,11 | 1,10 |
| 6 | 1,31 | 1,30 | 1,29 | 1,28 | 1,27 | 1,25 | 1,24 | 1,23 | 1,22 | 1,21 |
| 5 | 1,44 | 1,43 | 1,41 | 1,40 | 1,39 | 1,38 | 1,36 | 1,35 | 1,34 | 1,33 |
| — 4 | 1,57 | 1,56 | 1,55 | 1,54 | 1,52 | 1,50 | 1,49 | 1,48 | 1,46 | 1,45 |
| 3 | 1,72 | 1,71 | 1,69 | 1,68 | 1,66 | 1,65 | 1,63 | 1,62 | 1,60 | 1,59 |
| 2 | 1,88 | 1,86 | 1,85 | 1,83 | 1,81 | 1,80 | 1,78 | 1,77 | 1,75 | 1,74 |
| 1 | 2,05 | 2,03 | 2,02 | 2,00 | 1,98 | 1,96 | 1,95 | 1,93 | 1,92 | 1,90 |
| 0 | 2,24 | 2,22 | 2,20 | 2,18 | 2,16 | 2,14 | 2,12 | 2,11 | 2,09 | 2,07 |
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| + 0 | 2,24 | 2,26 | 2,28 | 2,30 | 2,32 | 2,34 | 2,36 | 2,38 | 2,40 | 2,42 |
| 1 | 2,44 | 2,46 | 2,48 | 2,50 | 2,52 | 2,54 | 2,57 | 2,59 | 2,61 | 2,63 |
| 2 | 2,65 | 2,68 | 2,70 | 2,72 | 2,75 | 2,77 | 2,79 | 2,82 | 2,84 | 2,86 |
| 3 | 2,89 | 2,91 | 2,94 | 2,96 | 2,99 | 3,01 | 3,04 | 3,06 | 3,09 | 3,11 |
| 4 | 3,14 | 3,16 | 3,19 | 3,22 | 3,24 | 3,27 | 3,30 | 3,33 | 3,35 | 3,38 |
| + 5 | 3,41 | 3,44 | 3,47 | 3,49 | 3,52 | 3,55 | 3,58 | 3,61 | 3,64 | 3,67 |
| 6 | 3,70 | 3,73 | 3,76 | 3,79 | 3,82 | 3,85 | 3,89 | 3,92 | 3,95 | 3,98 |
| 7 | 4,01 | 4,05 | 4,08 | 4,11 | 4,15 | 4,18 | 4,21 | 4,25 | 4,28 | 4,31 |
| 8 | 4,35 | 4,38 | 4,42 | 4,46 | 4,49 | 4,53 | 4,56 | 4,60 | 4,64 | 4,67 |
| 9 | 4,71 | 4,75 | 4,79 | 4,82 | 4,86 | 4,90 | 4,94 | 4,98 | 5,02 | 5,06 |
| +10 | 5,10 | 5,14 | 5,18 | 5,22 | 5,26 | 5,30 | 5,34 | 5,38 | 5.43 | 5,47 |
| 11 | 5.51 | 5,56 | 5,60 | 5,64 | 5,69 | 5,73 | 5,78 | 5,82 | 5,87 | 5,91 |
| 12 | 5,96 | 6,00 | 6,05 | 6,10 | 6,14 | 6,19 | 6,24 | 6,29 | 6,34 | 6,38 |
| 13 | 6,43 | 6,48 | 6,53 | 6,58 | 6,63 | 6,68 | 6,74 | 6,79 | 6,84 | 6,89 |
| 14 | 6,94 | 7.00 | 7,05 | 7,10 | 7,16 | 7,21 | 7,27 | 7,32 | 7,38 | 7,43 |
| +15 | 7,49 | 7,54 | 7.60 | 7,66 | 7,72 | 7,77 | 7,83 | 7,89 | 7,95 | 8,01 |
| 16 | 8,07 | 8,13 | 8,19 | 8,25 | 8,31 | 8,38 | 8,44 | 8,50 | 8,56 | 8,63 |
| 17 | 8,69 | 8,76 | 8,82 | 8,89 | 8,95 | 9,02 | 9,09 | 9,15 | 9,22 | 9,29 |
| 18 | 9,36 | 9,42 | 9,49 | 9,56 | 9,62 | 9,70 | 9,77 | 9,85 | 9,92 | 9,99 |
| 19 | 10,06 | 10,14 | 10,21 | 10,28 | 10,36 | 10,43 | 10,51 | 10,59 | 10,66 | 10,74 |
| +20 | 10,82 | 10,90 | 10,98 | 11,05 | 11,13 | 11,21 | 11,29 | 11,37 | 11,46 | 11,54 |
| 21 | 11,62 | 11,71 | 11,79 | 11,87 | 11,96 | 12,04 | 12,13 | 12,22 | 12,30 | 12,39 |
| 22 | 12,48 | 12,57 | 12,66 | 12,75 | 12,84 | 12,93 | 13,02 | 13,11 | 13,20 | 13,30 |
| 23 | 13,39 | 13,48 | 13,58 | 13,67 | 13,77 | 13,87 | 13,96 | 14,06 | 14,16 | 14,26 |
| 24 | 14,36 | 14,46 | 14,56 | 14,66 | 14,76 | 14,87 | 14,97 | 15,07 | 15,18 | 15,28 |
| +25 | 15,39 | 15,50 | 15,60 | 15,71 | 15,82 | 15,93 | 16,04 | 16,15 | 16,26 | 16,37 |
| 26 | 16,48 | 16,60 | 16,71 | 16,83 | 16,94 | 17,06 | 17,17 | 17,29 | 17,41 | 17,53 |
| 27 | 17,65 | 17,77 | 17,89 | 18,01 | 18,13 | 18,25 | 18,38 | 18,50 | 18,63 | 18,75 |
| 28 | 18,88 | 19,01 | 19,14 | 19,26 | 19,39 | 19,52 | 19,66 | 19,79 | 19,92 | 20,05 |
| 29 | 20,19 | 20,32 | 20,46 | 20,60 | 20,73 | 20,87 | 21,01 | 21,15 | 21,29 | 21,43 |
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |

Anmerkung. Die erſte und letzte horizontale Linie gibt die Zehntel eines jeden Wärmegrades an.

2. Beſtimmung des Dunſtgewichtes im Maximum für einen Pariſer Kubikfuß und Reaumur'ſche Grade. Dieſe Tafel, ſo wie Nr. 1., iſt von Pr. Auguſt in Berlin. Die Grane ſind mithin ohne Zweifel in preußiſchem Gewichte.

| Grade | Gran | Grade | Gran | Grade | Gran | Grade | Gran | Grade | Gran |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| —20 | 0,60 | —10 | 1,54 | +0 | 3,65 | 10 | 7,90 | 20 | 15,88 |
| —19 | 0,66 | — 9 | 1,69 | +1 | 3,96 | 11 | 8,50 | 21 | 16,97 |
| —18 | 0,73 | — 8 | 1,85 | +2 | 4,29 | 12 | 9,14 | 22 | 18,11 |
| —17 | 0,81 | — 7 | 2,03 | +3 | 4,64 | 13 | 9,81 | 23 | 19,32 |
| —16 | 0,89 | — 6 | 2,23 | +4 | 5,01 | 14 | 10,53 | 24 | 20,60 |
| —15 | 0,98 | — 5 | 2,42 | +5 | 5,42 | 15 | 11,30 | 25 | 21,96 |
| —14 | 1,08 | — 4 | 2,63 | +6 | 5,86 | 16 | 12,11 | 26 | 23,38 |
| —13 | 1,18 | — 3 | 2,86 | +7 | 6,33 | 17 | 12,97 | 27 | 24,90 |
| —12 | 1,29 | — 2 | 3,10 | +8 | 6,82 | 18 | 13,89 | 28 | 26,47 |
| —11 | 1,41 | — 1 | 3,36 | +9 | 7,34 | 19 | 14,85 | 29 | 28,14 |

a) Anwendung des Schwefelätherhygrometers (zu §. 698).

Es werden folgende Größen geſucht:

1. Der Thaupunct. Dieſen zeigt unmittelbar das innere Thermometer. Wir wollen (um ein Beyſpiel zu haben) annehmen, er ſey = 12° C.

2. Die Spannkraft der vorhandenen Dünſte. Dieſe findet man aus dem Thaupuncte mit Hülfe der Tafel 1. Die vorhandenen Dünſte haben zwar eine höhere Temperatur als die des Thaupunctes; allein in der freyen Atmoſphäre wird die beſtehende Dunſtmenge durch Erwärmung nur ausgedehnt, ihre Spannung aber (eben dar[illegible], weil ſie ſich frey ausdehnen kann) wird nicht vermehrt. In dem gewählten Beyſpiele iſt (laut der Tabelle) dieſe Spannkraft = 5,96.

3. Der Sättigungszuſtand der Atmoſphäre oder das Verhältniß der vorhandenen Dunſtmenge zu derjenigen, welche bey der eben herrſchenden Temperatur möglich wäre. Dieſe vorhandene Dunſtmenge verhält ſich offenbar zu der beym Maximum möglichen, wie die wirkliche Spannung des vorhandenen Dunſtes zu derjenigen, welche der bey der herrſchenden Temperatur mögliche in ſeinem Maximum hätte, und welche gleichfalls aus der Tafel 1. erhellet. Die erſte Spannung durch die zweyte dividirt gibt dieſes Sättigungsverhältniß. In dem angenommenen Beyſpiele ſey die Temperatur der Atmoſphäre = 20°, mithin die Spannung des Dunſtes im Maximum (laut der Tabelle) iſt = 10,82, mithin iſt der Ausdruck für den Sättigungszuſtand = $\frac{5,96}{10,82}$ = 0,55, d. h. es iſt in der Atmoſphäre nur $\frac{55}{100}$

desjenigen Waſſers, welches ſie bey der Temperatur 20° C. im Maximum enthalten würde.

4. Das Gewicht des in einem Kubikfuße Luft vorhandenen Dunſtes. Um dieſes zu erfahren, ſuche man in der Tafel 2. das Gewicht des Dunſtes bey der beſtehenden Temperatur im Maximum der Verdünſtung. Dieſes iſt (in unſerem Beyſpiele bey 20° C) = 15,88 Gran preußiſch. Dasſelbe, multiplicirt mit dem Sättigungsverhältniß 0,55, iſt = 0,55 × 15,88 = 8,73 Gran pr.

b) Anwendung des Pſychrometers.

Es werden dieſelben Größen geſucht wie bey dem vorigen Hygrometer; der Unterſchied iſt nur, daß hier zuerſt die Spannkraft, und aus dieſer erſt der Thaupunct beſtimmt wird.

I. Die Spannkraft des vorhandenen Dunſtes. In den Tabellen über die Spannkraft des Dunſtes bey verſchiedenen Temperaturen wird immer das Maximum vorausgeſetzt. Man ſieht indeſſen von ſelbſt, daß die vorhandenen Dünſte nicht die ganze Spannung haben, die der Temperatur des trockenen Thermometers zukömmt (welche wir T nennen wollen); denn es iſt ja nicht der Sättigungszuſtand vorhanden. Auch haben ſie nicht die Spannung, die der Temperatur des feuchten Thermometers zugehört (die wir mit t bezeichnen); denn dieſe Temperatur t iſt nicht die des Thaupunctes, ſondern eine höhere. Man findet indeſſen ihre Spannkraft dennoch mittelſt jener Tabellen mit Zuhülfenehmung der folgenden Annäherungsformel, in welcher die zur Temperatur t gehörige Spannung mit e, und die zu ſuchende wirkliche Spannung mit x bezeichnet wird:

$$x = e - \frac{3}{8}(T - t).$$

Dieſe Formel gilt, wenn die mit Muſſelin überzogene Thermometerkugel bloß feucht iſt. Iſt ſie aber mit einer Eisrinde überzogen: ſo wird der Bruch $^3/_8$ in $^1/_3$ verwandelt, und mithin iſt $x = e - \frac{1}{3}$ (T—t). — Ferner iſt hier auf den Barometerſtand noch keine Rückſicht genommen; ſie gilt mithin für den mittleren Barometerſtand = 336 Par. Linien. Iſt dieſer aber beträchtlich höher: ſo muß auch er berückſichtigt werden, und die Formel iſt dann für den Fall des bloß naſſen Thermometers: $x = e - \frac{3}{8}(T - t) - 0{,}0011$ $(336 - b)(T - t)$; für den Fall aber, daß es mit einer Eisrinde überzogen iſt:

$$x = e = \frac{1}{3}(T - t) - 0{,}0010\,(336 - b)\,(T - t).$$

In beyden Formeln bezeichnet b den vorhandenen Barometerſtand.

Ein Beyſpiel. Es ſey der Stand des trockenen Thermometers = 20° R., der des naſſen = 16° R., mithin die Differenz = 4°. Die zu 16° R. gehörige Spannung iſt (laut der voranſtehenden Tafel) = 8°,07. Mithin iſt:

$$x = 8^\circ{,}07 - \frac{3}{8}\,4 = 8^\circ{,}07 - 1{,}5 = 6{,}57.$$

Hier wird der Barometerſtand = 336‴ vorausgeſetzt. Wäre er etwa = 339‴, ſo müßte noch ſubtrahirt werden 0,0033 × 4 = 0,0132.

II. Der Thaupunct. Aus I. weiß man die Spannung des vorhandenen Dunſtes; man ſucht nun in derſelben Tabelle dieſe Spannung, und findet ſo die dazu gehörige Temperatur, mithin den Thaupunct, bey welchem nähmlich die vorhandenen Dämpfe die größte Dichte hätten.

Beyſpiel. Wir haben die Spannnng x gefunden = 6,57. Die dazu gehörige Temperatur iſt = 13,3.

III. Der Sättigungszuſtand der Luft, oder das Verhältniß der vorhandenen Dunſtmenge zu derjenigen, welche bey der eben herrſchenden Temperatur möglich wäre. Dieſes wird ſo geſucht wie bey dem Schwefelätherhygrometer.

Beyſpiel. Die oben aufgefundene Spannung war = 6,57; die zur Temperatur T, nähmlich zu 20° R. gehörige iſt (laut der Tabelle) = 10,82. Mithin iſt der Ausdruck für den Sättigungszuſtand $= \frac{6{,}57}{10{,}82} = 0{,}6$.

IV. Das abſolute Gewicht des vorhandenen Dunſtes, welches in einem gegebenen Raume, z. B. in einem Kubikfuß enthalten iſt. Dieſes wird gleichfalls ſo gefunden, wie bey Schwefelätherhygrometer.

Beyſpiel. Wir haben in III. gefunden das Sättigungsverhältniß = 0,6. Das Gewicht eines Kubikfußes Dunſt von größter Dichte für die Temperatur 20° R. iſt (nach Tafel 2.) = 15,88 Gran. Mithin iſt das Gewicht eines Kubikfußes des vorhandenen Dunſtes = 15,88 × 0,6 = 9,5 preuß. Gran.

## Anmerkung.

Man hat übrigens noch andere Formeln, als die hier angegebene, über das Pſychrometer entwickelt, auch pſychrometriſche Tabellen darnach berechnet. Die Reſultate aber ſtimmen nicht wohl überein, wenn man ſich verſchiedener Formeln bedient; daher wir es einſtweilen unterlaſſen derley Tabellen anzuführen.

3. Tafel über die den Graden des Haarhygrometers entſprechenden Spannkräfte der Dünſte. (Auszug aus einer großen Tafel von Gay-Luſſac.) Hierbey iſt aber, nach §. 700. Zuſ., die Temperatur wohl zu berückſichtigen.

| Hygrometergrade. | Sp. der D. in 100 Th. d. abſ. Sp. beym Max. | Unterſchied für 1° | Hygrometergrade. | Sp. der D. in 100 Th. d. abſ. Sp. beym Max. | Unterſchied für 1° |
|---|---|---|---|---|---|
| 0° | 0,00 | 0,45 | 55° | 31,76 | 0,79 |
| 5 | 2,25 | 0,46 | 60 | 36,28 | 0,90 |
| 10 | 4,57 | 0,48 | 65 | 41,42 | 1,03 |
| 15 | 6,96 | 0,50 | 70 | 47,19 | 1,15 |
| 20 | 9,45 | 0,52 | 75 | 53,76 | 1,31 |
| 25 | 12,05 | 0,54 | 80 | 61,22 | 1,46 |
| 30 | 14,78 | 0,58 | 85 | 69,59 | 1,67 |
| 35 | 17,68 | 0,62 | 90 | 79,09 | 1,9 |
| 40 | 20,70 | 0,68 | 95 | 89,06 | 2,00 |
| 45 | 24,13 | 0,73 | 100 | 100,00 | 2,2 |
| 50 | 27,79 | 0,79 | | | |

## VII. Tafel über Feuerungsmittel (ſ. S. 235).

# B) Tafeln zum zweyten Hauptſtücke.

## I. Tafel über das Brechungsvermögen verſchiedener Körper. (Zu §. 762. und 763.)

Vorerinnerung. In dieſer Tabelle bedeutet n den Brechungsexponenten (§. 762. Nr. 3.), $n^2 - 1$ das abſolute Brechungsvermögen (§. 763. Zuſ.), d die Dichte oder das ſpecifiſche Gewicht, $\frac{n^2 - 1}{d}$ das ſpecifiſche Brechungsvermögen (weil nähmlich ein und derſelbe Körper das Licht deſto ſtärker bricht, je größer ſeine Dichte iſt (§. 762. Nr. 1.). Die mit einem Sternchen bezeichneten Körper ſind doppelt brechende.

| Brechende Körper. | n | $n^2 - 1$ | d | $\frac{n^2 - 1}{d}$ |
|---|---|---|---|---|
| *Chromſaures Bley . . . | 2,974 | 7,845 | | |
| | 2,503 | 5,145 | | |
| *Realgar . . . . . . . | 2,549 | 5,497 | 3,225 | 1,705 |
| Diamant . . . . . . . | 2,487 | 5,185 | 3,521 | 1,473 |
| | 2,470 | 5,101 | | 1,470 |
| Diamant nach Newton . . | 2,439 | 4,949 | | 1,406 |
| Phosphor . . . . . . . | 2,224 | 3,946 | 1,770 | 2,230 |
| Spießglanzglas . . . . | 2,216 | 3,910 | 4,946 | 0,790 |

| Brechende Körper. | n | $n^2 - 1$ | d | $\frac{n^2 - 1}{d}$ |
|---|---|---|---|---|
| Schwefel, gediegen . . . | 2,115 | 3,473 | 2,033 | 1,708 |
| *Kohlenſ. Bley . . . . { | 2,084 | 3,342 | | |
| | 1,813 | 2,287 | | |
| Schwefelſ. Bley . . . . | 1,925 | 2,706 | | |
| Granat . . . . . . . . | 1,815 | 2,294 | 4,188 | 0,548 |
| Blauer Saphir . . . . | 1,794 | 2,218 | 4,000 | 0,554 |
| Feldſpath . . . . . . . | 1,764 | | | |
| Rubinſpinel . . . . . . | 1,761 | 2,101 | 3,700 | 0,568 |
| Chryſoberill . . . . . | 1,760 | 2,098 | 3,710 | 0,565 |
| *Turmalin . . . . . . . | 1,668 | 1,782 | | |
| *Schwerſpath . . . . . | 1,642 | 1,699 | 4,270 | 0,398 |
| *Kalkſpath . . . . . . { | 1,665 | 1,772 | 2,715 | 0,653 |
| | 1,519 | 1,307 | | 0,481 |
| *Gelber Topas . . . . | 1,638 | 1,684 | 3,550 | 0,474 |
| Flintglas nach Brewſter { von | 1,616 | 1,611 | | |
| bis | 1,596 | 1,547 | | |
| » nach Fraunhofer Nr. 13 für gelbe Strahlen . | 1,639 | 1,687 | 3,723 | 0,453 |
| Horn . . . . . . . . | 1,565 | 1,449 | | |
| *Bergkryſtall . . . . . | 1,562 | 1,440 | 2,653 | 0,545 |
| Steinſalz . . . . . . . | 1,557 | 1,424 | 2,143 | 0,664 |
| Bernſtein . . . . . . . | 1,552 | 1,409 | 1,080 | 1,295 |
| Kupfervitriol . . . . . | 1,547 | 1,339 | 2,230 | 0,632 |
| Glaſige Phosphorſäure . . | 1,544 | 1,384 | 2,687 | 0,515 |
| Crownglas . . . . . { von | 1,544 | 1,384 | 2,520 | 0,549 |
| bis | 1,534 | 1,353 | | 0,537 |
| Crownglas nach Fraunhofer Nr. 9 . . . . . . | 1,532 | | 2,535 | |
| Tafelglas nach Brewſter . | 1,527 | | | |
| Tief rothes detto . . . | 1,729 | | | |
| Salpeter . . . . . . . | 1,524 | 1,322 | 1,920 | 0,689 |
| Gelbes Wachs . . . . . | 1,522 | 1,313 | 0,965 | 1,361 |
| Arabiſches Gummi . . . | 1,512 | 1,286 | 1,452 | 0,886 |
| Kampher nach Wollaſton . | 1,487 | 1,211 | 0,989 | 1,224 |
| Eiſenvitriol . . . . . . | 1,494 | 1,231 | 1,715 | 0,718 |
| *Gyps . . . . . . . . | 1,488 | 1,214 | 2,252 | 0,539 |
| Borax . . . . . . . . | 1,475 | 1,175 | 1,720 | 0,683 |
| Alaun . . . . . . . . | 1,458 | 1,126 | 1,714 | 0,657 |
| Flußſpath . . . . . . . | 1,436 | 1,061 | 3,180 | 0,334 |
| Eis . . . . . . . . . . | 1,301 | 0,708 | 0,916 | 0,775 |
| Brewſter's neue Flüſſigkeit aus dem Topas Nr. 1 | 1,131 | | | |
| » Nr. 2 . . . . . . | 1,295 | | | |
| » aus dem Amethyſte . | 1,211 | | | |
| Tabaſcheer . . . . { von | 1,182 | 0,397 | | |
| bis | 1,111 | 0,235 | | |
| Caſſiaöhl . . . . . . | 1,641 | 1,693 | | |

| Brechende Körper. | n | $n^2 - 1$ | d | $\frac{n^2 - 1}{d}$ |
|---|---|---|---|---|
| Anießöhl | 1,601 | 1,564 | | |
| Nelkenöhl | 1,535 | 1,356 | 1,036 | 1,309 |
| Nußöhl | 1,507 | 1,271 | | |
| Terpenthinöhl | 1,476 | 1,178 | 0,885 | 1,332 |
| Olivenöhl | 1,470 | 1,161 | 0,915 | 1,269 |
| Schwefelſäure | 1,440 | 1,074 | 1,841 | 0,583 |
| Salpeterſäure | 1,406 | 0,977 | 1,480 | 0,660 |
| Salzſäure | 1,376 | 0,893 | 1,150 | 0,776 |
| Alkohol | 1,374 | 0,887 | 0,825 | 1,076 |
| Ambraöhl | 1,368 | 0,870 | | |
| Eyweiß | 1,361 | 0,853 | 1,090 | 0 783 |
| Vitrioläther nach Wollaſton | 1,358 | | | |
| Durchſichtige Hornhaut } des Auges | 1,330 | | | |
| Wäſſerige Feuchtigkeit } des Auges | 1,337 | | | |
| Gläſerne Feuchtigkeit } des Auges | 1,339 | | | |
| Kryſtalllinſe } des Auges | 1,384 | | | |
| Waſſer | 1,336 | 0,785 | 1,000 | 0,785 |
| Kyan, tropfbares | 1,316 | | | |
| » gas | 1,000834 | 0,001668 | | |
| Öhlbildendes Gas | 1,000678 | 0,001356 | | |
| Schwefligſaures Gas | 1,000665 | 0,001331 | | |
| Schwefelwaſſerſtoffgas | 1,000644 | 0,001288 | | |
| Stickſtoffoxyd | 1,000503 | 0,001007 | | |
| Blauſäuredampf | 1,000451 | 0,000903 | | |
| Salzſaures Gas | 1,000449 | 0,000899 | | |
| Kohlenſäure | 1,000449 | 0,000899 | | |
| Ammoniak | 1,000385 | 0,000771 | | |
| Kohlenoxydgas | 1,000340 | 0,000681 | | |
| Salpetergas | 1,000303 | 0,000606 | | |
| Stickgas | 1,000300 | 0,000601 | | |
| Atmoſphäriſche Luft | 1,000294 | 0,000589 | | |
| Waſſerdampf | | 0,000539 | | |
| Sauerſtoffgas | 1,000270 | 0,000554 | | |
| Schwefelätherdampf | 1,000153 | 0,000306 | | |
| Schwefelalkoholdampf | 1,000153 | 0,000301 | | |
| Waſſerſtoffgas | 1,000138 | 0,000277 | | |

Tabaſcheer iſt eine Subſtanz, welche im Bambusrohre zuweilen flüſſig wie Milch, zuweilen verdickt gefunden wird, und manchmahl undurchſichtig iſt. Als Hauptbeſtandtheil fand man darin Siliciumoxyd.

## II. Tafel über die Brechungsexponenten n für verſchiedene Strahlen in Flintglas, Kronglas und Waſſer.

(Nach Fraunhofer. Zu §. 789. und 795.)

| Brechende Mittel. | Für Roth. | Für Orange. | Für Gelb. | Für Grün. | Für Blau. | Für Violett. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Flintglas (Nr. 13.) . . | 1,63074 | 1,63505 | 1,63933 | 1,64349 | 1,64775 | 1,65203 |
| Kronglas (Nr. 9.) . . . | 1,52736 | 1,52959 | 1,53173 | 1,53380 | 1,53586 | 1,53783 |
| Waſſer . . . | 1,33209 | 1,33359 | 1,33501 | 1,33635 | 1,33763 | 1,33888 |

## III. Tafel über die farbenzerſtreuende Kraft einiger Körper.

(Zu §. 795.)

Vorerinnerung. In dieſer Tafel bezeichnet n den Brechungsexponenten für die mittlern (gelben) Strahlen, wie in der Tafel I.; N den Brechungsexponenten für die brechbarſten (violetten), N′ für die am wenigſten brechbaren (rothen); mithin N — N′ den Unterſchied beyder oder die Größe der Farbenzerſtreuung, und $\frac{N - N'}{n - 1}$ iſt der Ausdruck des Zerſtreuungsvermögens. Die meiſten Angaben ſind von Young, nach Brewſter's Meſſungen berechnet.

| Nahme der Körper. | $\frac{N - N'}{n - 1}$ | N — N′ |
|---|---|---|
| Alkohol . . . . . . . . . . . . . | 0,029 | 0,011 |
| Äther . . . . . . . . . . . . . . | 0,037 | 0,012 |
| Alaun . . . . . . . . . . . . . . | 0,036 | 0,017 |
| Baryt, ſchwefelſaurer . . . . . . . | 0,029 | 0,019 |
| Bernſtein . . . . . . . . . . . . | 0,041 | 0,023 |
| Beryll . . . . . . . . . . . . . . | 0,037 | 0,022 |
| Bergkryſtall, gewöhnl. . . . . . . . | 0,00315 | 0,01727 |
| » ungewöhnl. . . . . . | 0,00321 | 0,01782 |
| Bley, chromſaures, max. . . . . . . | 0,400 | 0,770 |
| Boraxglas . . . . . . . . . . . . | 0,026 | 0,014 |
| Cajeputöhl . . . . . . . . . . . . | 0,044 | 0,021 |
| Kautſchuk . . . . . . . . . . . . . | 0,052 | 0,028 |
| Chryſolith . . . . . . . . . . . . | 0,033 | 0,022 |
| Diamant . . . . . . . . . . . . . | 0,038 | 0,056 |

| Nahme der Körper. | $\frac{N-N'}{n-1}$ | N—N' |
|---|---|---|
| Eiſen, ſchwefelſaures | 0,039 | 0,019 |
| Feldſpath | 0,042 | 0,022 |
| Flußſpath | 0,022 | 0,010 |
| Glas, gemeines | 0,036 | |
| » zu Flaſchen | 0,040 | 0,023 |
| » (Flint=) borſaures Bleyoxyd | 0,0740 | |
| » kieſelh. alborſaures Bleyoxyd | 0,0703 | |
| » » | 0,0527 | 0,032 |
| » » | 0,052 | 0,029 |
| » » | 0,048 | 0,028 |
| » » | 0,048 | |
| » verſchiedene Sorten | 0,0457<br>0,0525 | |
| » (Crown=) grün | 0,036 | 0,020 |
| » verſchiedene Sorten | 0,033<br>0,0346 | |
| Kalkſpath, gewöhnl. | 0,03022 | 0,0455 |
| » ungewöhnl. | 0,01389 | 0,0282 |
| Kupfer, ſchwefelſaures | 0,036 | 0,019 |
| Maſtix | 0,038 | 0,022 |
| Obſidian | 0,037 | 0,018 |
| Olivenöhl | 0,038 | 0,018 |
| Pech, Burgunder | 0,043 | 0,024 |
| Phosphor | 0,128 | 0,156 |
| Phosphorglas | 0,03157 | 0,017 |
| Phosphorſäure, feſte | 0,032 | 0,017 |
| Realgar, geſchmolzen | 0,267 | 0,394 |
| Salpeter Min. | 0,03040 | 0,009 |
| Salpeterſäure | 0,045 | 0,019 |
| Salzſäure | 0,043 | 0,016 |
| Sandarak | 0,046 | 0,021 |
| Saphir, blau | 0,026 | 0,021 |
| Schwefel, geſchmolzen | 0,130 | 0,149 |
| Schwefelkohlenſtoff bey — 0°,56 C. | | 0,03067 |
| Smaragd | 0,026 | 0,015 |
| Spinell | 0,040 | 0,031 |
| Steinſalz | 0,053 | 0,029 |
| Strontian, kohlenſaurer max. | 0,046 | 0,032 |
| » » min. | 0,027 | 0,015 |
| » ſchwefelſaurer | 0,024 | 0,015 |
| Terpenthin | 0,048 | 0,029 |
| Terpenthinöhl | 0,042 | 0,020 |
| Topas, bläulich | 0,025 | 0,016 |
| » blau | 0,024 | 0,025 |
| Turmalin | 0,028 | 0,019 |
| Waſſer | 0,035 | 0,012 |
| Weihrauch | 0,048 | 0,028 |
| Zirkon | 0,044 | 0,045 |
| Zucker | 0,036 | 0,020 |

# IV. Tafel über einige doppelt brechende Kryſtalle.

(Zu §. 784.)

| Subſtanzen. | Verhältniß des gebrochenen Winkels zum Einfallswinkel = 1. | | Wirkſamkeit der Achſe. | Richtung der Achſe. |
|---|---|---|---|---|
| | ordentl. | außerordentl. | | |
| Doppelſpath | 0,604487 | 0,674172 | repulſiv | Durch beyde ſtumpfwinkliche Ecken. |
| Arragonit | 0,590620 | 0,651550 | repulſiv | Mit der Richtung d. Spitze parallel. |
| Quarz | 0,645813 | 0,641776 | attractiv | Desgleichen. |
| Schwerſpath | 0,611530 | 0,607223 | desgl. | In d. kleinen Diagonale v. der Fläche des Prisma. |
| Apatit | . . . . | . . . . | repulſiv | |
| Beryll | . . . . | . . . . | repulſiv | Parallel mit den Seiten d. Prisma. |
| Turmalin | . . . . | . . . . | repulſiv | Mit der Richtung d. Spitze parallel. |
| Topas | . . . . | . . . . | attractiv | Desgleichen. |
| Gyps | 0,645813 | 0,641776 | attractiv | In der Fläche der Blätter. |

# C) Tafeln zum dritten Hauptſtücke.

## I. Tafel über einige Leiter und Nichtleiter der Electricität, geordnet beynahe nach dem Grade der Leitungsfähigkeit der erſtern und des iſolirenden Vermögens der letztern, übrigens ohne genaue Beſtimmung desſelben.

(Zu §. 869.)

| Leiter. | Nichtleiter. |
|---|---|
| Alle bekannten Metalle (ſ. hier §. 869. Zuſ., auch §. 995. Zuſ.). | Siegellack, Bernſtein, Harze. |
| Gut ausgebrannte Kohle. | Schwefel, Wachs, Gagat. |
| Reißbley. | Glas, alle Verglaſungen, Talk. |
| Concentrirte Säuren. | Der Diamant und alle durchſichtigen Edelſteine. |
| Kohlenpulver. | Rohe, gebleichte, gefärbte Seide. |
| Verdünnte Säuren und ſalzige Flüſſigkeiten. | Wolle, Haare, Federn. |
| Erze. | Trockenes Papier, Pergament, Leder. |
| Animaliſche Flüſſigkeiten. | Luft und alle trockenen Gasarten. |
| Seewaſſer, Quellwaſſer, Flußwaſſer, Eis und Schnee. | Gedörrtes Holz, trockene vegetabiliſche Subſtanzen. |
| Lebende Vegetabilien. | Porzellan, trockener Marmor. |
| Flamme, Rauch, Dampf. | Einige kieſel- und thonerdige Steine. |
| Die meiſten Salze. | Kampher, elaſtiſches Gummi, Bärlappſamen. |
| Verdünnte Luft, Alkohol und Ätherdunſt. | Natürliche Kohlenſäure, Schwererde. |
| Die meiſten Erden und Steine. | Trockene Kreide, Kalk, Phosphor. |
| | Eis bey 13 Grad Fahrenheit. |

Hierbey iſt §. 869. und Zuſatz zu berückſichtigen.

## II. Tafel über die Gattung der Electricität, welche verſchiedene Körper erhalten, wenn ſie mit andern gerieben werden (nach älteren Beſtimmungen).

(Zu §. 795. und §. 810.)

| | erhält | durch Reibung mit folgenden Körpern: |
|---|---|---|
| Der Rücken einer Katze . . | + E | jede bisher verſuchte Subſtanz; |
| Glattes Glas . . . . . | + E | jede bisher verſuchte Subſtanz, der Rücken einer lebendigen Katze ausgenommen; |
| Mattgeſchliffenes Glas . . | + E | Wachstaffet, Schwefel, Metalle; |
| | — E | Wollenzeug, Papier, Hand; |
| Turmalin . . . . . . | + E | Bernſtein |
| | — E | Diamant, Hand; |
| Haſenfell . . . . . . . | + E | Metalle, Seide, Leder, Hand, Papier, getrocknetes Holz; |
| | — E | feinere Felle; |
| Weiße Seide . . . . . | + E | ſchwarze Seide, Metalle, ſchwarzes Tuch; |
| | — E | Papier, Hand, Pelzwerk; |
| Schwarze Seide . . . . | + E | Siegellack; |
| | — E | weiße Seide, Hand, Pelzwerk, Metalle; |
| Siegellack . . . . . . | + E | einige Metalle; |
| | — E | faſt alle übrigen Subſtanzen; |
| Getrocknetes Holz . . . . | + E | Seide; |
| | — E | Pelzwerk. |

## III. Tafel über einige Zerlegungen durch die naſſe Säule.

(Zu §. 938.)

| Zerlegte Körper. | Am + Pole erſcheint | Am — Pole erſcheint |
|---|---|---|
| Waſſer . . . . . | Sauerſtoffgas . . . | Waſſerſtoffgas. |
| Wäſſerige Phosphorſäure . . . . . | Sauerſtoffgas . . . | Phosphor. |
| Concentrirte Schwefelſäure . . . . | Sauerſtoffgas . . . | Flocken von Schwefel. |
| Wäſſerige Salzſäure | Chlor . . . . . . | Waſſerſtoffgas. |
| Salpeterſäure . . . | Sauerſtoffgas . . . | Stickgas. |
| Concentrirtes wäſſeriges Ammoniak . . | Stickgas . . . . | Waſſerſtoffgas. |
| Blauſäure . . . . | Cyan . . . . . . | Waſſerſtoffgas. |
| Kalihydrat, ſchwach befeuchtet . . . . | Sauerſtoffgas . . . | Waſſerſtoffgas u. Kalium. |
| Feuchte Metalloxyde . | Sauerſtoffgas . . . | Waſſerſtoffg. u. Metalle. |
| Schwefelſaures Kali in Waſſer . . . | Sauerſtoffgas und Schwefelſäure . . | Waſſerſtoffgas und Kali. |
| Salzſaures Natron in Waſſer . . . . | Sauerſtoff u. Chlor . | Waſſerſtoffgas und Natron. |
| Schwefelſaures Kupferoxyd in Waſſer | Sauerſtoffgas und Schwefelſäure . . | Kupfer. |

## Allgemeine Anmerkung.

Mehrere zu verſchiedenen Lehren gehörige Zuſammenſtellungen von Größen ſind auch in dem Werke ſelbſt enthalten. Sie können in dem nachſtehenden Sachregiſter unter dem Worte: Tafel nachgeſehen werden.

# Alphabetiſches Sachregiſter
## über beyde Bände.

Die römiſche Ziffer zeiget den Band an, die arabiſche aber die Seite; Ä, Ö und Ü ſind in der alphabetiſchen Reihe als A, O und U betrachtet worden.


Abdrehen (Widerſtand gegen das), I. 446.
Abendröthe, II. 685.
Aberration, ſ. Abirrung.
Abirrung des Lichtes, I. 81, II. 270.
Ablenkung der Magnetnadel durch den el. Strom, II. 608; wie ſich dieſe ablenkende Kraft zu der richtenden des Erdmagnetismus verhalte, II. 610.
Abplattung, ſ. Erde.
Abſtoßung, electriſche, II. 446, 459; Geſetz, II. 465, 473; magnetiſche und ihr Geſetz, II. 572.
Abſtoßungskraft, ſ. Grundkräfte.
Abweichung, aſtronomiſche, I. 91; ſphäriſche bey Spiegeln, II. 287; bey Linſen, II. 321; chromatiſche, II. 354. Abweichungskreis II. 354. Magnetiſche A., II. 577. Änderungen derſelben, II. 576. Abweichungscompaß, II. 578; electriſcher, II. 624.
Accord, II. 8; conſonirender u. diſſonirender, II. 25.
Achſe, Weltachſe, I 82; Erdachſe, I 110; A. der Kryſtalle, ſ. Kryſtall; A. bey Spiegeln, II. 281; bey Linſen, II. 315; A. eines Magnetes, II. 571.
Achromaſie, II. 361; achromatiſches Prisma, II. 352; achrom. Linſe, II. 354; achr. Fernrohr, II. 419.
Acuſtick, II. 9.
Aderhaut, ſ. Auge.
Adhäſion, ſ. Anhaftung.
Aëthrioſcop, II. 121.
Affinität, ſ. Verwandtſchaft.
Aggregatzuſtand, I. 3, 416; Änderungen deſſ. verbunden mit Erwärmung oder Erkältung, II. 237; Quelle von Electricität, II. 565.
Alcarazza, II. 183.
Alkalien, I. 490; Zerſetzung derſ. durch den el. Strom, II. 553.
Alumium, I. 496.
Amalgam, für die El. Maſchine und Bereitung desſelben, II. 458.
Analyſe, ſ. Zerſetzung.
Anamorphoſen, optiſche, ſ. Zerrbilder.
Anemoſcop, II. 658.
Anhaftung, I. 448; Größe derſelben, I. 449; zwiſchen feſten Körpern und Flüſſigkeiten, I. 450; Anwendungen, I. 450; d. Naßwerden und Grund desſelben, I 450; abgeleitete Erſcheinungen, I. 452.
Anſatzröhren, I. 314.
Anthracometer, II. 226.
Antimon, I. 494.
Antipoden, ſ. Gegenfüßler.
Anwandlung zum leichtern Durchgang oder zur leichtern Zurückſtrahlung, II. 376.
Anziehung, verſch. Äußerung derſ., I. 70; allgemeine, I. 71; chemiſche, I. 72; feſter Körper gegen fluſſige, I. 450; electriſche, II. 446, 459; Geſetz derſelben, II. 465; magnetiſche, II. 570, 572.
Anziehungskraft, I 21. ſ. a. Grundkr.
Äolipile, ſ. Dampfkugel.
Äolsharfe, II. 12.

Apertur, ſ. Blendung.
Aphelium, ſ. Sonnenferne.
Aplanatiſche Linſen, ſ. Linſen.
Apparate, I. 11.
Apſidenlinie, I. 110.
Äquator, Weltäquator, I. 82; Erdäquator, aſtronomiſcher, I. 103; magnetiſcher, II. 579; m. Ä. des Ortes, II 580.
Äquatorialſtrom, II. 649.
Äquinoctialpuncte, I. 89; Verrückung derſelben, I. 90.
Äquivalente, chemiſche, I. 481.
Aräometer, mit Gewichten, I. 298; von Nicholſon, I. 298; für Flüſſigkeiten, I. 299; Einrichtung von Schmidt, I. 299; Anwendung für feſte Körper, I. 300; Senkwage von Tralles, I. 301; A. m. Scalen z. Beſtimmung d. ſpec. Gewichtes, I. 302; Procentenaräometer, I. 303; Aräometer von Meißner, I. 304; die eigentlichen von Beaume, I. 304; andere dergleichen, I. 305.
Armirung, ſ. Bewaffnung.
Arſenik, I. 493.
Aſche, II. 228.
Aſtronomie, I. 75.
Äther, II. 249.
Athmen, I 390, II. 238; Athmungsprozeß, eine Quelle der Wärme, II. 239.
Atmoſphäre, der Erde, I. 333; Druck derſelben, I. 358; Meſſung dieſes Druckes, I. 364; Beſtandtheile der Erdatm., II. 218; Atmoſphärologie, II. 641; Strömungen in der Atm., II. 657; Schwankungen, II. 657; Atm. des Mondes, I. 147; der Planeten, I. 147; electriſche Atm., II. 455; magnetiſche Atm., II. 570.
Atom, I. 20; atomiſtiſche Theorie, I. 20; Atomenzahl, I. 483.
Attraction, ſ. Anziehung.
Atwood'ſche Fallmaſchine, ſ. Fall.
Aufgeſchwemmtes Land, II. 643.
Aufſteigung, gerade, I. 91.
Auge, II. 252; Bau, II. 402; wie das Sehen geſchehe, ſ. Sehen; Anpaſſung des Auges für verſchieden entfernte Gegenſtände, II. 408; kurz- und weitſichtiges, II. 409; andere Fehler, II. 409; Dauer des Lichteindruckes, II. 410.
Ausdehnbarkeit und Ausdehnſamkeit, I. 434.
Ausdehnſame Flüſſigkeiten I. 333, ſ. auch: Gaſe und Dämpfe.
Ausdehnung, I. 15; feſter Körper durch die Wärme, II. 98, 146; lineare und kubiſche, II. 148; verſchiedene bey verſch. Körpern, II. 148; bey Kryſtallen, II. 449; Anwendungen, II. 149; A. der tropfb. Flüſſigkeiten, II. 156; des Waſſers insbeſondere, II. 157; der ausdehnſamen Fl., II. 158 (ſ. auch: Wärme); Ausd. durch Electricität, II. 514.
Ausfluß d. Waſſers aus Behältniſſen, I. 306; Ausflußgeſchwindigkeit, I. 309; Ausflußmenge, I. 314.
Auslader II. 492; allgemeiner, II. 492; Auslade-Electrometer, II. 495; medicin. Gebrauch, II. 519.
Azimuth, I. 83.
Azot, ſ. Stickſtoff.

## B.

Bad, electriſches, II. 517.
Bahn, I. 27; der Himmelskörper, I. 114.
Barometer, I. 364; Gefäßb., I. 365; Heberbarometer, I. 365; noch andere Einrichtungen des B., I. 367; Bedingungen der Vollkommenheit, I. 369; Beobachtungsweiſe, I. 370; Correction wegen der Wärme, I. 371; dient zur Beſtimmung der Spannung eingeſchloſſener Gaſe, I. 372; zu Höhenmeſſungen, I. 377.
Barometerhöhe, I 365; mittl., I. 365.
Barometerprobe, I. 373.
Barometerſtände, Veränderungen der, regelmäßige, II. 662; unregelmäßige, II. 663; Zuſammenhang mit der Witterung, II. 664.
Baryum, 496.
Batterie, electriſche, II. 497.
Becherapparat, ſ. Säule.
Beharrungsgeſetz, I. 31.
Benetzung erzeugt Wärme, II. 241.
Beobachtung, I. 11.
Berg, II. 642.

Berührungs-Electricität, verſchiedene Erſcheinungen, II. 519; Fundamentalverſuch, II. 520; Electromotor, ſ. Erreger; electromotoriſche Kraft, II. 522; Anwendung der Ber. El., II. 561.
Beryllium, I. 496.
Beſtandtheile (chemiſche), nächſte, entfernte, letzte, I. 476.
Beugung der Wellen, I. 332; des Lichtes, II. 368; verſchiedene Erſcheinungen, II. 369; Fraunhofer's Verſuche, II. 369; Mannigfaltigkeit d. Phänomene, II 370; hypothetiſche Anſichten, II. 371.
Bewaffnung eines Magnetes, II. 599.
Beweglichkeit, I. 24.
Bewegung, I. 25; abſolute, relative, I. 25; geradlinige, I. 27; krummlinige, I. 27, 54; gleichförmige, I. 29, 33; beſchleunigte, I. 34, 41; erſcheinende, II. 268; Geſetze der gleichförmig beſchleunigten, I. 37; und verzögerten, I. 40; zuſammengeſetzte, I. 42; Centralbewegung, I. 54; noch andere Eintheilungen der Bewegung, I. 32; Hinderniſſe der B., I. 268; B. der tropfb. Flüſſigkeiten, I. 305; der ausdehnſamen, I. 404; B. durch el. Anziehung u. Abſtoßung, II. 513; mittelſt der electr. Säule, II. 542 (ſ. auch: Mobile propetuum); dann II. 555.
Bild, Lage und Größe desſelben bey Spiegeln, II. 276, 285, 290; analyt. Betrachtung, II. 292, Bild in Linſen, II. 319, 323; Abweichung, II. 321; an. Betracht. II. 325; Bild im Auge, II. 405.
Birnprobe, I 374.
Blasbalg, ſ. Gebläſe.
Blaſerohr, I. 342.
Blasinſtrumente, II. 40; Überſicht aller, II. 51; Erklärung der Töne derſelben, II. 52.
Bläue der Luft, II. 685.
Blendung, II. 322.
Bley, I. 495.
Blitz, II 673; Blitzableiter, II. 674; Sicherung der eigenen Perſon, II. 677; Blitzröhren, II. 674.
Bodendruck, I. 276.
Bor, I. 493.
Brechbarkeit, verſchiedene der verſchieden farbigen Strahlen, II. 346.
Brechung der Bewegung, I. 325; des Lichtes, gewöhnliche, II. 298; Geſetze derſelben, II. 300; begleitende Erſcheinungen, II. 304; in ebenen Flächen, II. 304, 309; atmoſphäriſche, II 306; Luftſpiegelung, II. 307; Br. im Prisma, II. 309; in Linſen, II. 314; analyt. Betrachtung, II. 320; Erklärung aus beyden Hypotheſen, II. 331; doppelte Brechung, II. 336; Erſcheinungen, II. 337; Erklärungen, II. 340.
Brechungsexponent, II. 301.
Brechungsvermögen, II. 303, 335.
Breite, aſtron., I. 92; geogr., I. 104.
Brenngläſer u. ihre Wirk., II. 438.
Brennlinie bey Spiegeln, II. 289; bey Linſen, II. 322.
Brennpunct und Brennweite, ſ. Spiegel und Linſe.
Brennſpiegel und ihre Wirkungen, II. 438.
Brennſtoff, ſ. Verbrennen.
Brom, I. 497.
Brunnen, intermittirende, I. 361; gegrabene, II. 651.

## C.

Calcium, I. 496.
Calibriren d. Röhren für Barometer, I. 369; für Thermometer, II. 107.
Calorimeter, II. 139; Rumford's, II. 234; andere, II. 235.
Camera clara, lucida, obscura, ſ. Kammer.
Capacität für Wärme, II. 130; Methoden ſie zu beſtimmen, II. 134; Miſchungsmethode, II. 134; bey Gaſen, II. 135; M. durch Eisſchmelzung, II. 137; Abkühlungsmethode, II. 139; durch das Atomengewicht, II. 140; Änderung der Capacität und ihre Folgen, II. 141, 237.
Cardinalpuncte, I. 83.
Carteſianiſche Figur, I. 340.
Centralbewegung, I. 54; der ſchweren Körper, I. 195; Kepler'ſche Regeln, I. 196; Centralb. der Weltkörper beſtätiget die Allgemeinheit der Schwere, I. 199.

Centralfeuer, II. 243.
Centralkräfte, Centripetalkraft, ſ. Centralbewegung.
Ceres, I. 143.
Cerium, I. 495.
Chamſim, II. 662.
Chemie, I. 10, ſ. auch Verwandtſchaft und Electrochemie; chemiſche Wirkungen durch Electricität, II. 512, 516; in der Kette, II. 528; in der Säule, II. 550; durch einen Magnet, II. 633, 635; chemiſcher Prozeß auch eine Quelle von Electricität, II. 566.
Chlor, I. 491.
Chrom, I. 493.
Chromatiſche Tonleiter, ſ. Tonleiter.
Circumpolarſterne, I. 81.
Coërcitivkraft, II. 602.
Cohäſion, ſ. Zuſammenhang.
Collectivlinſen bey Fernröhren, II. 416; Nutzen derſelben, II. 419; bey Microſcopen, II. 427.
Coluren, I. 89.
Communicationsgefäße, ſ. Röhren.
Communicationsrohr, II. 76.
Compaß, ſ. Abweichungs- und Neigungscompaß.
Compenſationen für Taſchenuhren, II. 152; für Pendel, II. 153; für Leitungsröhren, II. 155.
Compreſſionspumpe, ſ. Verdichtungspumpe.
Concavlinſen, ſ. Linſen.
Condenſator, II. 486; Wirkung und Anwendung, II. 487; Verbindung mit einem Electroſcop, II. 488.
Conductor, II. 457; Anwendung bloß eines Conductors, II. 459; zweyer zugleich, II. 461.
Conſonanz und Diſſonanz, II. 23; nähere Betrachtung, II. 24; alle Conſonanzen ſind in den Zahlen 1 bis 6 enthalten, II. 24; mehrſtimmige C., II. 24.
Contact, ſ. Berührung.
Convexlinſen, Convexſpiegel, ſ. Linſen, Spiegel.
Culmination, I. 81; obere u. untere, I. 83.
Culminationspunct, magn., II 574.
Cycloide, I. 231.

## D.

Dampf oder Dunſt, II. 172; Bildung der Dämpfe beym Sieden, II. 173; bey jeder Temperatur, II. 181; Bindung der Wärme, II. 178, 182; latente Wärme der Dämpfe, II. 179; Zerſetzung derſelben durch Abkühlung, II. 178; durch Druck, II. 184; Spannkraft derſelben, II. 180; wovon ſie abhänge, II. 187; Ausdruck dafür, II. 187; Apparate zur Beſtimmung derſelben, II. 188; Verhalten d. D. unter dem Maximum, II. 190; Dichte derſelben, II. 192; Mengung mit Gaſen, II. 194; Verdünſtung im Freyen, ſ. Verdünſtung; Anwendung der D. zu beſtimmten Zwecken, II. 207.
Dampfheitzung, II. 207.
Dampfkanonen, II. 215.
Dampfkugel, II. 177.
Dampfmaſchine, II. 210; Haupttheile einer jeden, II. 210; mit niederm und hohem Drucke, einfacher und doppelter Wirkung, II. 213; Expanſionsmaſchinen, II. 214; atmoſphäriſche, II. 215.
Dampfſchiff, II. 215.
Dampfwagen, II. 215.
Daſymeter, I. 381.
Declination, ſ. Abweichung.
Declinatorium, ſ. Abweichungscompaß
Deflagrator, II. 550.
Deſtillation, II. 178.
Diaphragma, II. 423, 428.
Dichte, I. 23 (ſ. auch: Gewicht, ſpeciſiſches); der Waſſerdämpfe, II. 192 (ſ. auch: Dampf).
Dienung, II. 649.
Differenzthermometer, II. 113.
Digeſtor, papiniſcher, II. 176.
Directoren, electriſche, II. 518.
Diſſonanz, ſ. Conſonanz.
Docht, das Aufſteigen der Flüſſigkeit darin iſt eine Erſcheinung der Haarröhrchenwirkung, I. 461; welche Materien zu ihrer Verbrennung Dochte nöthig haben, II. 228; Lampen ohne Docht, II. 228.
Donner, II. 674.
Doppelſpath, II. 336, 337; merkw. Erſchein. an zwey Doppelſpathen, 385; Farbenerſchein. im D. durch

polar. Licht, II. 390 (ſ. auch: Brechung, doppelte, u. Polariſirung).
Doppelbrechung, ſ. Brechung.
Drahtnetze, II. 230.
Drehwage, electriſche, II. 472; magnetiſche, II 588.
Dreyklang, II. 25.
Druck einer Flüſſigkeit, wie er ſich verbreite, I. 266; auf ihre eig. Theile, I. 268; auf den Boden der Gefäße, I. 277; auf die Seitenwand, 280; auf eingetauchte Körper, I. 284; Dr. d. Luft, I. 358; Dr. eine Quelle der Electricität., II. 593.
Dualiſten (Hypotheſe der), II. 453; Erklärung der el. Spannung und des el. Stromes nach derſelben, II. 456; der Electriſirmaſchine, II. 464; des Geſetzes der Anziehung, Abſtoßung und Vertheilung, II. 469 (ſ. auch: Electricität und die einzelnen Lehren darüber).
Dunſt, ſ. Dampf.
Durchſichtigkeit, wovon ſie abhänge, II. 360.
Dynamik, I. 201.
Dynamiker, I. 20.

## E.

Ebbe und Fluth, II. 646; Erklärung, II. 647; in d. Atmoſphäre, II. 663.
Echo, II. 75; Bedingungen, II. 75; einſylbiges, vielſylbiges, einfaches, vielfaches, II. 76.
Ecliptik, I. 89.
Eigenſchaften, weſentliche, der Körper, I. 14; allgemeine, I. 25.
Eisbildung in Bengalen, II. 121.
Eiſen, I. 495.
Elaſticität, I 3; expanſive, attractive und gemiſchte, I. 435; bey Gaſen, I. 435; bey tropfbarer Flüſſigkeit, I. 435; bey feſten Körpern, I. 436; vollkommene und unvollkommene, I. 437; Gränze der vollkommenen, I. 437; Anwendungen, I. 437; abſolute u. ſpecifiſche Elaſt. der Gaſe I. 336 (ſ. auch: Spannung); El. d. klingenden Scheiben, beurtheilt aus den Klangfiguren, II. 37.
Electricität, II. 446; Quellen derſelben, II. 447, auch II. 456, 519, 563, 564, 565, 566, 567; poſitive u. negative, II. 449, 461; el. Spannung, el. Atmoſphäre, el. Strom, II. 455 (ſ. auch: Spannung und Strom); Geſetze der entgegengeſetzten Electricitäten, II. 465; ihre Anwendung, II. 470; Verbreitungsweiſe der Electricität in Beziehung auf die el. Spannung, II. 474; Einfluß der Geſtalt, II. 477 (ſ. auch: Gleichgewicht und Prüfungsſcheibe); allmählicher Verluſt, II. 482; V. in Beziehung auf den el. Strom, II. 488; verſchiedene el. Apparate, ſ. die Nahmen der einzelnen; Wirkungen der durch Reibung erregten Electricität, II. 511; der durch Berührung hervorgerufenen, II. 527, 542, 545; Anwendungen, II. 517, 561; Hypotheſe der Unitarier, II. 452; der Dualiſten, II. 453; Weſen der Electricität, II. 445, 637; (man ſ. auch: Berührungselectricität). Atmoſphäriſche El., II. 567; Art, ſie zu beobachten, II. 567; Hauptreſultate, II. 567; el. Perioden, II. 568; Quelle dieſer El., II. 672; die durch ſie bewirkt. Erſchein., ſ. Electrometeore.
Electriſiren, ſ. Electricität, Quellen derſelben.
Electriſirmaſchine, II. 451; die größte, II. 458; Haupterſcheinungen, II. 459, 461; Erläuterung der Wirkungen, II. 463.
Electrochemie, II. 558.
Electromagnetismus, II. 606; zwey Hauptthatſachen, nähmlich: gegenſeitige Wirkung zweyer el. Ströme auf einander, II. 607; Einwirkung des el. Stromes auf die Magnetnadel, II. 608; Zurückführung der zweyten auf die erſte und ſo auch aller magnetiſchen Erſcheinungen, II. 616; abgeleitete Erſcheinungen, II. 620; Thermoelectricität, II. 628; Hervorrufung ſecundärer el. Ströme, II. 630; electr. Erſcheinungen durch Magnete, II. 632; Hypotheſen, II. 618, 619.
Electrometeore, II. 670
Electrometer, ſ. Electroſcop.
Electromotoriſche Kraft, II. 522;

verſchiedene bey verſch. Körpern, II. 522; Spannungsreihen, II. 623.
Electrophor, II. 503; Maſſe dazu, II. 504; Erſcheinungen, II. 504, 505; Vergleichung mit der el. Verſtärkung, II. 507; Anwendung, II. 507.
Electroſcop, II. 470; d. einfachſte, II. 470; mit Goldblättchen u. Strohhälmchen, II. 471; Quadrantenelectrometer, II. 471; Drehwage, II. 472; el. Wage, II. 473; Bohnenberger's E., II. 542, 543; Multiplicator, ſ. dieſen.
Elementarwelt, I. 275.
Elemente, chem., (unzerſetzte Stoffe), Aufzählung derſelben, I. 489 u. f.
Emanations- oder Emiſſionsſyſtem, II. 248; Zuſatz, II. 250; Erklärung der Reflexion, II. 296; Erklärung der einfachen Brechung, II. 331, 333; der Farbenzerſtreuung II. 361; der Interferenz, II 368; der Beugung, II. 371; der Farben dünner Körperſchichten, II. 375; d. Polariſirung u. doppelten Strahlenbrechung, II. 395, 396, 398.
Entfernung, ſcheinbare, II. 261; zweyer geſehenen Puncte, II. 262.
Epicykel, I. 136.
Erdachſe, ſ. Achſe; Änderungen in der Stellung derſelben, I. 124.
Erdbeben, II. 645.
Erde, ihre Geſtalt iſt kugelförmig, I. 102; aber abgeplattet, I. 106; ihre Größe, I. 108; ihre Achſendrehung und fortſchreitende Bewegung I. 110; Ergebniß aus d. erſteren, I 119; Beſtätigung derſ. durch Verſuche, I. 138; Folgen beyder Bewegungen, I. 119; die Erde als Magnet, ſ. Erdmagnetismus.
Erdgürtel, ſ. Himmelsſtriche.
Erdmagnetismus, II. 572 ſ. auch: Abweichung und Neigung; richtende Kraft desſelben, II. 582; horizontaler und verticaler Theil desſelben, II. 585; Stärke an verſchiedenen Orten, und Weiſe ſie zu vergleichen, II. 584; die Erde als Magnet, II. 586; Verſinnlichungsweiſen, II. 586; eigentliche Hypotheſen, II. 587; Zurückführung auf el. Ströme um die Erde, II. 616.
Ergänzungstheilchen, I. 429.
Erhitzung durch Electricität, II. 512, 515, 528, 549.
Erhitzung und Erkältung, eine Quelle der Electricität, II. 564.
Erreger, II. 523; Reihe derſ., II. 523.
Erſchütterung, electr., durch die Maſchine, II. 460; d. die el. Verſtärk., II. 491, 493; d. das Electrophor, II. 505; d. die Voltai'ſche Säule, II. 545; durch die el. Fiſche, II. 566; durch ſecundäre Ströme mittelſt des Magnetes, II. 635.
Erwärmung, ſ. Erhitzung.
Eudiometer, II. 224; von Volta, II. 225; von Döbereiner, II. 225.
Expanſionsmaſchine, ſ. Dampfmaſchine.
Expanſivkraft, ſ. Abſtoßung, auch Spannkraft.
Exploſion bey manchen Verbrennungen, II. 229.

## F.

Fall, freyer, I. 177; über die ſchiefe Ebene, I. 185; Fallmaſchine, I. 182. Fallraum der 1. Sec., I. 158; auf den verſchiedenen Weltkörpern, I. 115; Fallſchirm, I. 383.
Fantasmagorie, II. 434, ſ. auch: Zauberlaterne.
Farbe, Hauptfälle, in denen ſie erſcheint, II. 344; Farbe durch Brechung, ſ. Farbenzerſtreuung. Dauernde Farben der Körper, II. 355; Grund derſelben, II. 356; Anwendung, II. 357; Farbe durch Beugung, II. 370; an dünnen Körperſchichten, II. 372, ſ. auch: Farbenringe; epoptiſche Farben, II. 374; Farben durch Polariſation, II. 388; ſubjective oder phyſiologiſche, II. 411; pathologiſche, II. 412; Farben der Atmoſphäre, II. 683.
Farbenbild, II. 345; Streifen darin, II. 347; durch Beugung, II. 370.
Farbenmiſchung, II. 358; Scheiben dazu, II. 359.
Farbenringe, II. 373; Newton's Meſſungen, II. 374; hypothetiſche Anſichten, II. 374; Fr. durch polari-

ſirtes Licht, ſ. Polariſation; electriſche Farbenringe, II. 554.
Farbenzerſtreuung, Newton's Verſuche, II. 344; Folgerungen daraus ohne Hypotheſe, II. 346; Fraunhofer's Verſuche, II. 347; ſubjective Verſuche, II. 350; nicht alle durchſichtigen Körper bewirken eine gleich große Farbenzerſtreuung, und die darauf beruhende Achromaſie, II. 351; hypothetiſche Anſichten über Farbenzerſtreuung, II. 361; Göthe's Anſicht, II. 363.
Fata Morgana, ſ. Luftſpiegelung.
Federwolke, ſ. Wolken.
Fernrohr, I. 79, II. 414; dioptriſches, aſtronomiſches, II. 414; Vergrößerung, 415; Geſichtsfeld, II. 416; Helligkeit, II. 416; Deutlichkeit, II. 417; Erdfernrohr, II. 418; dyalitiſches F., II. 420; Taſchenperſpectiv, II. 420; catoptriſches oder Reflector, II. 422; Einrichtung aller Fernröhre, II. 423; Prüfung derſelben, II. 424.
Feſtigkeit (Starrheit), Weſen derſ., I. 417; Feſt. (Größe der Cohäſion ſtarrer Körper) abſolute, I. 440; reſpective, I. 442; rückwirkende, I. 445; der Abdrehung widerſtehende, I. 446.
Feuchtigkeitszuſtand, ſ. Hygrometer.
Feuer, ſ. Flamme, Verbrennen.
Feuerkugeln, II. 681, ſ. auch: Meteormaſſen.
Feuerlöſchung, II. 235; Aldini's Apparate, ſ. Drahtnetz.
Feuerſpritze, I. 392.
Feuerungsmittel, II. 230.
Feuerzeug, pneumatiſches, I. 342, II. 142; Wollaſton's, II. 528.
Figur, I. 18. Figuren durch das Kaleidophon, II. 31; Klangfiguren, II. 35; Nebenfiguren, II. 37; Anwendung d. Klangfig. II. 37; Reſonanzfiguren, II. 62; Figuren in Flüſſigkeiten, erregt mittelſt des Schalles, II. 69; Lichtenbergiſche Figuren, II. 463; Nobili's Fig., II. 554; magnetiſche, II. 595.
Fiſche, Kork- u. Bleyf., I. 325; electriſche F., II. 566.
Firſterne, I. 84; Beſchaffenheit derſelben, I. 111, 151, II. 245; Firſternſyſteme, I. 151.
Flageolettöne, II. 12.
Flamme, II. 227; wovon ihre Lichtſtärke abhänge, II. 229; genauere Betr. der Flamme organiſcher Körper, II. 230; Wirkung der Drahtnetze auf Flammen, ſ. Drahtnetze.
Flaſche, electriſche, ſ. Verſtärkung.
Fliegen, das, I. 388; Degen's Flugmaſchine, I. 389.
Fliehkraft, I. 61.
Flintglas, ſ. Glas.
Flöte, II. 52.
Flötenwerke, ſ. Pfeifen.
Flötzgebirge, II. 643.
Fluor, I. 492.
Flüſſe, II. 652; Gefälle, I. 319; Geſchwindigkeit, I. 319; Verzögerung, I. 319; Art, die Geſchwindigkeit zu meſſen, I 319.
Flüſſigkeit, I. 3; Weſen derſ., I. 417; nie vollkommen, I. 3, 420; tropfbare und ausdehnſame, I. 3, 265, 333, 417. Flüſſigkeitswärme, II. 167.
Fluth, ſ. Ebbe.
Folgepuncte, II. 593.
Fortleitung des Schalles, ſ. Schall; der Wärme, ſ. Wärme; der Electricität, ſ. Electricität.
Füllung enger Gefäße, I. 393.
Funke, electriſcher, II. 460, 461; ſchneidender, II. 500; durch einfache Ketten, II. 527; durch Säulen, II. 548; Entzündungen dadurch, II. 548; Funken mittelſt eines Magnetes, II. 633.
Funkeln der Sterne, I. 152.

## G.

Galvanismus, ſ. Berührungselectricität.
Galvanometer, ſ. Multiplicator.
Gänge, II. 643.
Gaſe, I. 333; Beſtimmung ihres ſpeciſiſches Gewichtes, I. 357; Behandlung derſelben, I 399; werden abſorbirt, I. 400; Bildung u. Zerſetzung derſelben, II. 216.
Gasmagazin, I. 402; Gaſometer, I. 403; Sicherheitsröhre, I. 403.

Gebäude, acuſtiſche, II. 79.
Gebirge, II. 642; Urgebirge, II. 642; Übergangsgebirge, II. 643; Flötzgebirge, II. 643; aufgeſchwemmtes Land, II. 643; Vulkane, II. 644; vulkaniſche Producte, II. 644.
Gebläſe, I. 408; Macet'ſches, II. 223; Newmann'ſches, II. 223; Gebläſeofen, II. 233.
Gefälle, ſ. Fluß.
Gefäßbarometer, ſ. Barometer.
Gefäß, gleichförmiges, ungleichförmiges, I. 266.
Gefüge, ſ. Kryſtall.
Gegenfüßler, II. 103.
Gehörorgan, II. 87.
Geographie, phyſiſche, II. 641.
Geſchmacksempfindung durch Berührungselectricität, II. 519, 527, 546; durch ſecundäre Ströme mittelſt eines Magnetes, II. 633.
Geſchoß, I. 343.
Geſchwindigkeit, lineare und Winkelgeſchwindigkeit, I. 29; Ausflußgeſchwindigkeit des Waſſers, I. 309; in Röhrenleitungen, I. 316; in einem Rinnſale, I. 319; Art, dieſe zu beobachten, I. 319; des ausſtrömenden Gaſes, I. 406; des Schalles in der Luft, II. 71; in tropfbarer Flüſſigkeit, II. 80; in den feſten Körpern, II. 81; Geſchwindigkeit des Lichtes, II. 269; der Electricität, II. 503.
Geſetze, ſ. Naturgeſetz.
Geſichtsfeld, ſ. Fernröhre, Microſcope.
Geſichtswinkel, ſ. Größe, erſcheinende.
Geſtalt, erſcheinende, wovon ſie abhänge, II. 264. Geſtaltung d. Flüſſigkeiten, I. 422; der feſten Körper, I. 424, ſ. auch: Kryſtall; Geſtalt organiſcher Körper, I. 431.
Gewicht, abſolutes, I. 170; ſpecifiſches, I. 170; relatives, I. 171; Beſtimmung des ſpec. Gewichtes d. Körper, unmittelbare, I. 172—176; mittelbare mittelſt d. Eintauchung, I. 291—297; mittelſt der Aräometer, I. 298 u. f.; bey ausdehnſamen Flüſſigkeiten, I. 355, 357.
Gewitter, II. 672, ſ. auch: Blitz und Donner.
Gießkanne, magiſche, I. 361.
Glas, Brechung des Lichtes dadurch im Allgemeinen, II. 301; durch verſchiedene Glasgattungen, II. 352, 715; wird durch Zuſammendrückung doppelt brechend, II. 392; ſchnell abgekühltes gibt ſchöne Farbenerſchein. durch polar. Licht, II. 392; in Beziehung auf Electricität, ſ. Electricität u. Leitungsfähigkeit.
Glaselectricität, II. 450.
Glastropfen, Glaswürmer, I. 422.
Gleichgewicht, I. 49; am Hebel, I. 204; ſtabiles und labiles unterſtützter Körper, I. 211; bey feſten Körpern überhaupt, I. 201; bey tropfbaren Flüſſigkeiten, I. 265; bey ausdehnſam flüſſigen Materien, I. 333; electriſches, beruhend auf einem allgemein. Satze, II. 477; an einer Kugel und einem länglichen Körper, II. 478; Verſuche, II. 479.
Glocken, II. 38; Glockenſpiel, electriſches, II. 462.
Glühlämpchen, II. 229.
Gold, I. 495.
Goniometer, ſ. Winkelmeſſer.
Gradleiter, verſchiedene, für Thermometer, II. 103; Reduction der einen auf die andere, II. 105; für Differenzthermometer, II. 113; eigene für Luftthermometer, II. 163.
Gravitation, ſ. Schwere.
Größe, erſcheinende, II. 262; verſchwindende, II. 263.
Grubenlampe, II. 230.
Grundkräfte, I. 21.
Grundſtoffe, ſ. Elemente.
Grundton, II. 14.
Grundwärme der Erde, II. 240, 243.

## H.

Haarröhrchenwirkung, I. 454; Verſuch dieſe zu erklären, I. 455; viele Erſcheinungen eine Folge derſelben, I. 460, u. f.
Hagel, II 669; Entſteh. deſſ., II. 669; Volta's Meinung, II. 670.
Hähne, I. 268; Senguerd'ſcher, I. 346.
Halbkugel, magdeb., I. 363.
Halbleiter, ſ. Leiter.
Halbſchatten, ſ. Schatten.

Harmattan, II. 661.
Harmonika, II. 39; Mundharmonika, II. 50; chemiſche H., II. 58.
Harmonie, II. 8, ſ. auch: Conſonanz.
Härte, I. 421.
Haufenwolke, ſ. Wolke.
Hauptſchnitt, ſ. Schnitt.
Hebel, I. 201; Geſetz des Gleichgewichtes, I. 202; anderer Ausdruck desſ., I. 206; Anwend., I. 207
Heber, anatomiſcher, I. 274; Stechheber, I. 360; gekrümmter, I. 394; Bedingungen der Wirkung, I. 396; verſchiedene Einrichtungen, I. 397; Wirkung im Großen, I. 399; Stoßheber, ſ. dieſes Wort.
Heberbarometer, ſ. Barometer.
Heizung, II. 233; mit Dampf, II. 207; mit erwärmter Luft, II. 234, ſ. auch: Öfen.
Helioſcop, II. 424.
Knoſtat, II. 436.
Heliotrop, II. 436.
Helligkeit, II. 247.
Heronsball, I. 341; Heronsbrunn, I. 339.
Himmelskörper, ſ. Weltkörper.
Himmelsſtriche, I. 123.
Himmelszeichen, I. 90.
Hinderniſſe der Bewegung, I. 268.
Höfe, II. 688.
Höhe eines Weltkörpers, I. 84.
Höhenmeſſung, barometriſche, I. 379.
Höhlen, II. 645; beſonders häufig im Kalkſtein, II. 645; einige merkwürdige, II. 645; auch im Baſalt, II. 646.
Hohlſpiegel, ſ. Spiegel.
Horizont, I. 77; wahrer und ſcheinbarer, I. 77.
Hören, II. 87.
Hörrohr, II. 78.
Hydrodynamik, I. 264.
Hydrogen, ſ. Waſſerſtoff.
Hydroſtatik, I. 264.
Hygroclimax, I. 394.
Hygrometer, II. 198; von Daniell, II. 199; Verfahren die auszumittelnden Größen zu beſtimmen, II. 711; von Körner, II. 200; Auguſt's Pſychrom., II. 200; Verfahren d. auszumittelnd. Größen zu beſtimm., II. 712; H. von Leslie, II. 202; Sauſſure's Haarhygr., II. 208; Deluc's Fiſchbeinhygrometer, II. 205; Elfenbeinhygrometer, II. 205; Federkielhygr. II. 205; Wilſon's Hygr. II. 206; Delacomb's H. II. 206; H. von Lovitz, II. 206.
Hypotheſe, I. 12.
Hypſometer, II. 175.

## J.

Jahr, tropiſches, I. 90; ſideriſches, I. 90; bürgerliches, I. 90; anomaliſtiſches, I. 125; platoniſches, I. 124; Mondesjahr, I. 96.
Jahreszeiten, I. 88; Erklärung derſelben, I. 121; in den verſchiedenen Zonen, II. 655.
Imponderabilien, I. 74, ſ. auch: Wärme, Licht, Electricität; Weſen derſelben, II. 442, 444, 637.
Inclination, ſ. Neigung.
Inclinatorium, ſ. Neigungscompaß.
Indifferenzpuncte, magnetiſche, relative, II. 574.
Inſtrumente, optiſche, ſ. Werkzeuge.
Interferenz des Schalles, II. 69; des Lichtes, II. 364; Verſuche darüber mit homogenem Lichte, II. 365; mit weißem, II. 366; hypothetiſche Anſichten, II. 367; Phaſen, II. 367.
Intervalle der Töne, II. 17; alle innerhalb einer Octav enthaltenen, II. 20.
Jod, I. 492.
Iridium, I. 495.
Irrlichter, II. 684.
Iſochroniſche Schwingungen, I. 230.
Iſocliniſche, iſodynamiſche, iſogoniſche, iſochimiſche, iſotheriſche, iſothermiſche Linien, ſ. Linien.
Iſoliren, Iſolatoren, II. 448.
Juno, I. 143.
Jupiter, I. 144.

## K.

Kadmium, I. 495.
Kaleidophon, II. 31.
Kaleidoſcop, II. 278.
Kalium, I. 495.
Kälte, II. 93; Kälteſtrahlen, ſcheinbare, II. 121.

Kammer, dunkle, optiſche u. dioptriſche, II. 254; catoptriſche, II. 431; von Chevalier, II. 431; helle (clara) II. 432; lichte (lucida) II. 432; von Amici, II. 433.
Keil, I. 219.
Kerngeſtalten, I. 429.
Kernſchatten, ſ. Schatten.
Kette, electriſche, einfache, II. 524; offene und geſchloſſene, II. 524; unwirkſame, II. 525; zuſammengeſetzte, ſ. Säule.
Kieſel, I. 494.
Klang, II. 8, ſ. auch: Ton; Eintheilung der klingenden Körper, II. 9.
Klangfiguren, II. 35; ob ein Zuſammenhang derſelben mit der Tonhöhe, II. 35; Änderungen derſelben, II. 36; zuſammengeſetzte, II. 36; Nebenfiguren, II. 37; Anwendung derſelben, ſ. Elaſticität; bey mittönenden Körpern, oder Reſonanzfiguren, II 62.
Klima, aſtronomiſches, I. 123; hängt von der geogr. Breite ab, II. 655; phyſikaliſches, II. 655; hängt von andern Umſtänden ab, II. 655; verſchiedene Klimate, II. 656.
Knallbüchſe, I. 343.
Knoten, I. 110.
Kobalt, I. 495; empfänglich für den Magnetismus, II. 601.
Kohle, abſorbirendes Vermögen derſelben für Gaſe, I. 464; iſt ein ſchlechter Leiter für Wärme, II. 121; ein guter für Electricität, II. 448.
Kohlenſäure, I. 494, II. 223.
Kohlenſtoff, I. 493.
Kometen, I. 99; Zahl, 99; ihre wahre Bewegung, I 111; daraus erklärbare Erſcheinungen, I. 133; berechnete Kometen, I. 133; Natur derſelben, I. 149.
Komma, II. 17, 20, 23.
Körper, I. 2; organiſche, unorganiſche, I. 2, 3; erſcheinen in verſchiedenen Aggregatzuſtänden, ſ. dieſe; leuchtende und beleuchtete, II. 246; durchſichtige und undurchſichtige, II. 247, ſ. auch: Durchſichtigkeit.
Kraft, I. 5; Grundkräfte, I. 6; Maß der Kräfte, I. 63; Zerlegung und Zuſammenſetzung derſelben, I. 41.
Kräftenparallelogramm, I. 43.
Kreiſe von Nobili, II. 554.
Kryophor, II 183.
Kryſtalle, I 424; Bildung derſelben, I. 425; einwirkende Umſtände, I. 426; Eigenthümlichkeiten derſelben, I. 427; Theilung der Kr., I. 429; wie Kr. entſt., I. 430; ungleichförmige Ausdehnung der Kryſt. durch Wärme, II. 148, 149; Kryſtalliſations- und optiſche Achſen der Kr., II. 440; ein- zwey- und mehrachſige Kr., II. 340; thermoelectriſche Kryſtalle, II 565.
Kryſtallgeſtalten, I. 428; inneres Gefüge, I. 428.
Kryſtalliſationswaſſer, I. 427.
Kupfer, I. 495.

## L.

Ladungsſäule, II. 544; läßt ſich auch durch den Conductor laden, II. 545.
Lampen, II. 231.
Lampenmicroſcop, ſ. Microſcop.
Länge, aſtronomiſche, I. 92; geographiſche, I. 104; Tageslänge, I. 120.
Längenſchwingungen der Saiten, II. 28; der Stäbe, II. 33; der Scheiben, II. 38; der Luft, II. 41.
Laternträger, II. 247.
Lawinen, II. 669.
Lebensthätigkeit, wirket den chemiſchen Anziehungen entgegen, I. 472; iſt auch eine Quelle der Wärme, II. 238, 242; der Electricität, II. 566.
Leere, Guerike'ſche, I. 351; Toricelliſche, I. 359. Leidner, II. 511.
Leidnerflaſche, ſ. Verſtärkung.
Leiter und Leitungsverm. für Wärme, II. 123, ſ. auch Wärme; für Electricität, II. 448; Lv. der verſchied. Metalle, II. 614; der Flüſſigkeit in der Volta'ſchen Säule, II. 526; einpolige (unipolare) Leiter, II. 614; das Leitungsvermögen zu erfahren, II. 500, 614; verſchiedene feuchte Leiter, II. 526.
Leuchtende Körper, II. 245; Thiere, II. 246.

Libelle, ſ. Waſſerwage.
Libration, I. 131.
Licht, allgemeine Betrachtungen, II. 245; Hypotheſen über ſeine Fortpflanzung, II. 247; die äußerſt mannigfaltigen durch das Licht bewirkten Erſcheinungen, ſ.: Strahl, Reflexion, Brechung (einfache und doppelte), Farbe, Farbenzerſtreuung, Durchſichtigkeit, Interferenz, Beugung, Polariſirung, Sehen. Wirkungen des Lichtes, die nicht im Leuchten beſtehen, als: Erwärmung, II. 437; hervorgebrachte materiellen Änderungen, II. 440; electriſche und magnetiſche Wirkungen, II. 442; Weſen des Lichtes, II. 442; electr. Licht, II. 459, 461, 462; in verdünnter Luft, II. 510, 514.
Lichtmagnete, ſ. Lichtſauger.
Lichtmeteore, II. 684.
Lichtſauger, II. 246.
Lichtſtärke, nimmt mit der Entfernung ab, II. 256; wovon ſie noch abhänge, II. 257; Lſt. der verſchied. farbigen Strahlen, II. 348.
Lichtſtrahl, als Thatſache, II. 251; nach beyden Hypotheſen, II. 251; Strahlenkugel, Strahlenkegel und Hauptſtrahl, II. 253.
Lichtwelle (Undulation), ihr Unterſchied von Schwingung (Vibration) II. 250.
Linie, iſochroniſche und tautochroniſche, I. 231; iſogoniſche, II. 577; iſocliniſche, II 580; iſodynamiſche, II. 584; iſothermiſche, iſotheriſche und iſochimiſche, II. 656.
Linſen, II. 314; Sammel- oder Convexlinſen, und dadurch bewirkte Erſcheinungen, II. 316; Zerſtreuungs- oder Concavlinſen, II. 323; achromatiſche, II. 354; aplanatiſche, II. 427.
Lithium, I. 496.
Litrameter, I. 394.
Longitudinalſchwingung, ſ. Längenſchwingung.
Luft, I. 333; atmoſphäriſche, iſt zuſammendrückbar und ausdehnſam, I. 338; ſchwer, I. 354; ihr ſpec. Gewicht, I. 355; ihre Beſtandtheile, II. 218; zu unterſcheiden von der Atmoſphäre, die noch andere Beſtandtheile hat, II. 224; iſt ein ſchlechter Leiter für die Wärme, II. 123; und für die Electricität, II. 448; gewöhnl. Leiter d. Schalles, II. 63; oft auch urſpr. ſchallender Körper, II. 39, ſ. auch: Blasinſtrumente, menſchliche Stimme.
Luftballon, I. 382; Gattungen, I. 382, 384; Steigkraft desſ., I. 384.
Luftbild, durch einen Hohlſpiegel, II. 285; durch eine Convexlinſe, II. 320.
Luftdruck, I. 358; nach allen Richtungen, I. 359; die Größe desſelben zu beſtimmen, I. 362.
Luftelectricität, ſ. Electricität, atmoſphäriſche.
Luftpumpe, I. 344; Hahnluftpumpe, I. 344; ihr Gebrauch, I. 347; Ventilluftpumpe, I. 348; ihr Gebrauch, I. 349; den Grad der Verdünnung zu berechnen, I. 351; ihn practiſch zu beſtimmen, I. 373; Wichtigkeit d. Apparates u. Geſchichte, I. 453.
Luftſchiffkunſt, I. 382; Geſchichte, I. 385.
Luftſpiegelung, II. 307.
Luftſtrömungen, I. 404; Aus- oder Einſtrömungen, I. 405; Geſchwindigk., I. 406; durch Röhren, I. 408; Gebläſe, I. 408, ſ. auch: Winde.
Luftthermometer, II 162; eigene Scale dafür, II. 163; ſog. von Kinnersley, II. 514; Vergleichung des Luftth. mit dem Queckſilberthermometer, II. 699.

## M.

Magazin, magnetiſches, II. 600.
Magdeburger Halbkugeln, I. 363.
Magneſium, I. 496.
Magnet, II. 569; natürlicher, künſtlicher, II. 569; ſeine Anziehung, II. 570; Durchwirkung durch alle Körper, II. 570: Polarität und beſtimmte Lage, II. 571, ſ. auch: Abweichung und Neigung; Verhalten gegen einen andern Magnet, II. 572; vertheilende Einwirkung auf unmagnetiſches Eiſen, 573; Erſcheinungen eines getheilten Magnetes, II. 575, ſ. auch: Magne-

tiſmus, Erdmagnetiſmus, Rotationsmagnetiſmus, Magnetiſiren.
Magnetiſiren mittelſt der Einwirkung der Erde, welche vermehrt wird durch jede Erſchütterung, II. 591; Einfluß des Feilens, Hämmerns, Glühens, II. 592; M. mittelſt eines ſchon vorhandenen Magnetes, II. 593; durch Berührung, II. 593; durch Streichen, II. 594; worauf dieſes beruhe, II. 594; verſchiedene Methoden, II. 595; einf. Strich, II. 595; Doppelſtrich, II. 595; Kreisſtrich, II. 597; wie man einen Transverſalmagnet erhalten könne, II. 597; M. durch Sonnenlicht, II. 597; durch Electricität, II. 598; durch den el. Strom in der Kette, II. 620; durch Drehungs- und Schwingungsbewegung, ſ. Rotationsmagnetiſmus.
Magnetiſmus, II. 570; Hypotheſe, II. 575; Stärke desſelben zu prüfen, II. 587; Reſultate, II. 589; Erregung desſelben, ſ. Magnetiſiren; Erhaltung und Verſtärkung des M., II. 599; durch Summirung d. Kräfte, II. 600; Schwächung und Vernichtung, II. 601; M. aller Körper, II. 601; M. durch Rotation, ſ. dieſe; Zuſammenhang des M. mit der Electricität, II. 606; Weſen desſelben, II. 637.
Magnetnadel, II. 570, 576; Wichtigkeit derſ., II. 577; Abweichung, ſ. dieſe; Neigung, ſ. dieſe; aſtatiſche Nadel, II. 581.
Mangan, I. 496.
Manometer, I. 381; ein anderer Apparat dieſes Nahmens, II. 189.
Mariotte'ſches Geſetz, I. 374; Grenzen desſelben, I. 376.
Mars, I. 143.
Maſchinenelemente, ſogenannte einfache Maſchinen, I. 280.
Maß, I. 16; geſetzliches in Öſterreich, I. 503; franzöſiſches, I. 16; worin der vorzügliche Werth desſelben beſtehe, I. 17; Vergleichung der Maße verſchiedener Länder, ſ. Tafeln.
Maſſe, I. 23; Beſtimmung derſelben in der Erfahrung, I. 67.
Materie, I. 2.
Maultrommel, II. 62.
Mediciniſche Anwendung der Electricität, II. 517.
Meer, II. 646; Meerboden, II. 646; Tiefe d. M., II. 646; Bewegungen, II. 646; Leuchten desſelben, II. 650; Beſchaffenheit des Meerwaſſers, II. 649.
Melodie, II. 8.
Membrane, ihre Schwingung, II. 29.
Meridian, aſtronomiſcher, am Himmel, I. 83; an der Erde, I. 103; magnetiſcher, II. 577.
Meridiangrad, I. 107.
Merkur, I. 142.
Metalle, I. 490; die beſten Leiter der Wärme, II. 124; u. d. El., II. 448.
Metallthermometer, ſ. Thermometer.
Meteormaſſen, II. 681; Anſichten über deren Urſprung, II. 682.
Meteorologie, II. 654.
Metronom, I. 242.
Micrometer, II. 417; mit Doppelbild. II 418; bey Microſcopen, II. 428.
Microſcop, dioptriſches, einfaches, II. 424; Vergrößerung des Geſichtsfeldes, II. 424; zuſammeng. M., II. 425; Wollaſton's u. Chevalier's, II. 426; eigentlich zuſammengeſetztes, II. 426; verſchiedene Einrichtungen, II. 427; catoptriſches, II. 429; Sonnenmicroſcop, II. 429; Lampenmicroſcop, II. 430.
Milchſtraße, I. 100.
Mineralwaſſer, II. 652.
Miſchung, I. 470.
Miſchungsverhältn., ſ. Stöchiometrie.
Mittagskreis, I. 83; Mittagslinie, I. 104; Mittagsrohr, I. 105.
Mittheilung, der Schwingungen klingender Körper, II. 61; Verſuche, II. 62; Erſcheinung an Chromometern, II. 63; Folge dieſer M. die Mannigfaltigkeit d. Klänge, II. 63; vorzüglich beruht darauf die Fortleitung des Schalles, II. 63; und deſſen Verſtärkung, II. 83, ſ. auch: Schall u. Reſonanz; M. der Electricität, II. 447; Einfluß mehrerer Umſtände darauf, II. 449.
Mittönen, II. 61, 80, ſ. Mittheilung.
Mobile perpentuum von Zamboni, II. 543.

Molybdän, I. 493.
Moment der Bewegung, I. 65; ſtatiſches, I. 54; am Hebel, I. 206.
Monath, ſideriſcher, I. 94; tropiſcher, I. 94; ſynodiſcher, I. 95; draconitiſcher, I. 128; anomaliſtiſcher, I. 128.
Mond, Bewegung, ſcheinbare, I. 94; wahre, I. 111; ſeine Lichtgeſtalten (Phaſen), I. 95; Erklärung derſelben, I. 126; der Mond ein Lügner, I. 126; deſſen veränderliche ſcheinbare Größe, I. 127; wahre Größe, I. 117; Beſchaffenheit ſeiner Oberfläche u. ſeiner Atmoſphäre, I. 145, 147; Länge ſeines Tages, I. 148; wie den Mondbewohnern die Himmelskörper erſcheinen, I. 148; mehrere Beſtimm. vom M., I. 117.
Monde anderer Planeten, I. 98; ihre wahre Bewegung, I. 111; Erſcheinungen, die daraus folgen, I. 133
Mondesalter, I. 128.
Mondesfinſterniß, I. 96; Erklärung, I. 129; Mondzirkel, I. 128.
Monochord, II. 11.
Moraſt, ſ. Sumpf.
Morgenröthe, II. 685.
Mouſſons, II. 650.
Multiplicator, worauf ein ſolcher beruhe, II. 611; der von Schweigger und Nobili, II. 5, 611; von Marianini, II. 612; Anwendungen zur Beſtimmung der Richtung und Stärke des el. Stromes, II. 612; zur Auffindung ſchwacher Ströme, II. 613; zur Vergleichung der Leitungsfähigkeit der Körper, II. 613, 614.

## N.

Nachhall, II. 75.
Nachtbogen, I. 81.
Nadir, I. 77.
Natrium und Natron, I. 495.
Natur, I. 1; Naturbegebenheit, I. 2; Naturgeſetz, I. 7; Erforſchung der Naturgeſetze das eigentl. Geſchäft d. Phyſikers, I. 10; Naturgeſchichte, I. 9; Geſchichte der Natur, I. 8; Naturl., I. 3, 8, 10; Naturwiſſenſchaften, reine u. angewandte, I. 12.
Nebel, II. 665.
Nebelflecken, II. 100.
Nebenplaneten, ſ. Monde.
Nebenſonnen u. Nebenmonde, II. 688.
Neigung, magnetiſche, II. 579; Methoden ſie zu beſtimmen, II. 580, 581.
Neigungscompaß, II. 580; electriſch-magnetiſcher, II. 625.
Neumond, ſ. Mond.
Neutraliſation, I. 480.
Neutraliſirende Platte, ſ. Platte.
Nickel, I. 495; des Magnetismus fähig, II. 601.
Nord, ſ. Weltgegenden.
Nordlicht, II. 679; zeigt ſich als eine electro-magnetiſche Erſcheinung, II. 680.
Nullpunct am Thermometer, II. 103; abſoluter, II. 163.
Nutation, I. 125.

## O.

Oberfläche der Flüſſigkeiten zur Zeit des Gleichgewichtes, I. 268; Einfluß derſelben bey den Erſcheinungen der Capillarität, I. 455.
Objective, Oculare, ſ. Fernröhre und Microſcope.
Öfen, verſch. Gattungen, II. 232.
Ohr, II. 87.
Ombrometer, ſ. Regenmeſſer.
Operation, chemiſche, I. 487.
Optometer, II. 410.
Orgelpfeifen, ſ. Pfeifen; Stimmung der verſchiedenen, II. 46.
Ort, geocentriſcher u. heliocentriſcher, I. 112; optiſcher, wahrer u. ſcheinbarer, II. 266.
Osmium, I. 494.
Oſt, ſ. Weltgegenden.
Oxyd und Oxydation, II. 220; durch Electricität, II. 516.
Oxydationstheorie der el. Säule, II. 541; Vertheidiger und Gegner derſelben, II. 542, 556.

## P.

Palladium, I. 495.
Pallas, I. 143.
Panhydrometer, I. 394.

Panorama, II. 265.
Parallaxe, I. 80, II. 266; Anwendung derſelben in der Aſtronomie, II. 267; Fixſterne haben keine, II. 267, ſ. auch: Ort, optiſcher.
Parallelkreiſe, aſtronomiſche, I. 82; terreſtriſche, I. 103.
Parallelogramm der Kräfte, I. 43.
Paſſageinſtrument, ſ. Mittagsrohr.
Paſſatwind, II. 660.
Pendel, I. 228; Schwingungen und phyſiſcher Grund derſelben, I. 229; Schwingungszeit, I. 230; Geſetze der Pendelſchwingungen, I. 231 u. f.; das Secundenpendel, I. 235; zuſammengeſetztes Pendel und ſein Schwingungspunct, I. 238, u. f.; Aufſatzpendel, I 241; mehrfache Anwend. des Pendels, I. 244; Compenſationen, II. 153.
Percuſſionsmaſchine, ſ. Stoßmaſchine.
Perſpective, II. 265.
Perturbationen, I. 199.
Pfeife, Lippenpfeife, gedeckte, II. 42; offene, II. 44; Zungenpfeife, II. 48; Tonhöhen in Pfeifen von verſchiedener Länge, II. 45; in einer und derſelben offenen oder gedeckten, II. 47; Einfluß der Weite, II. 45; Stimmung der Pfeifen, II. 46; Tonhöhe bey Zungenpfeifen, II. 49; Einfluß der Geſtalt, II. 50.
Phaſen der Vibration, II. 367; der Undulation, II. 368; Ph. oder Lichtabwechslungen am Monde, I. 95; an den Planeten, I. 97.
Phosphor, I. 493.
Phosphorescenz, II. 246; durch Electricität, II. 515.
Photometer, von Rumford, II. 258; von Ritchie, II. 258; von Lampadius, II. 259; von Leslie, II. 438.
Phyſik, I. 1, 10.
Planeten, I. 96; ihre ſcheinbare Bewegung, wobey ſie ſtationär, rechtläufig, rückläufig, I. 97; wie ſie durch Fernröhre erſcheinen, I. 97; die einzelnen Planeten, 98; ihre wahre Bewegung, I. 109; Erſcheinungen, erklärbare aus den wahren Bewegungen, I. 131, 132; Beſchaffenheit dieſer Weltkörper, I. 142; ihre Entfernung von d. Sonne, Umlaufszeit, Geſchwindigkeit ꝛc. I. 113, 114, 115.
Platin, I. 495.
Platte, neutraliſirende, II. 592.
Polardrähte, II. 530; behalten, auch getrennt, zerſetzende Kraft, II. 553.
Polariſirung (Polariſation) d. Schalles, II. 86; des Lichtes, II. 376; Kennzeichen, II 378; Polariſationsebene u Polariſationswinkel, II. 378; Geſetz für den letzteren, II. 378; entgegengeſetzte Zuſtände der P., II. 379; P. durch Reflexion, II. 381; durch gewöhnliche Brech. II. 383; durch doppelte Brechung, II. 384; Depolariſation, II. 388; circ. u. ell. P., II. 388; mannigf. Farbenerſcheinungen durch polariſirtes Licht, II. 388; in Kryſtallen, II. 389; Anwendung der Farbenringe, um zu erfahren, ob ein Licht polariſirt ſey, II. 392; ferner um die Lage der Achſe eines doppelt br. Kryſtalles zu beſtimmen ꝛc., II. 392; Farbenringe in Glas und andern Körpern, II. 393; Erklärung, II. 394; polariſirte Strahlen interferiren nicht ſo wie unpolariſirte, II. 394; hypothet. Anſichten, II. 395.
Polariſationsinſtrument, II. 379.
Polarkreiſe, I 89.
Polarlicht, II. 680.
Polarſtern, I. 81.
Pole, Weltpole, I. 82; Erdpole, I. 103; Pole der electr. Säule, Zink- und Kupferpol, II. 530; oder poſitiver und negativer, II. 533; Sauerſtoff- und Waſſerſtoffpol, II. 551; P. eines Magnetes, II. 571; magnetiſche Pole der Erde, II. 586, ſ. auch: Erdmagnetismus.
Polhöhe, I. 84; iſt der geogr. Breite gleich, I. 104.
Poroſität, I. 431.
Präceſſion, ſ. Vorrückung.
Preſſe, von Bramah I. 282; von Real, I. 282, 283.
Prisma, ſ. Brechung; Anwendung d. Pr. zur Beſtimmung d. Brechungsvermögens, II. 310; d. Farbenzerſtreuung, II. 344; prismatiſches

Bild, ſ. Farbenbild; achromatiſches Prisma, II. 352.
Procentenaräometer, ſ. Aräometer.
Protector an den Schiffen, II. 562.
Prüfungsſcheibchen, el., II. 477.
Pſychrometer, II. 201; Verfahren, den Feuchtigkeitszuſtand der Atmoſphäre dadurch zu beſtimmen, II. 712.
Ptolemäiſches Weltſyſtem, I. 135.
Pumpe, ſ. Saugwerk, Luftpumpe, Verdichtungspumpe.
Pyrometer, II. 113; verſchiedene Vorſchläge, II. 114; von Prinſep, Brogniart, A. Neumann, Mill, Daniell ꝛc., II. 114; P. von Wedgewood und Fehler desſelben, II. 145.
Pyrophor, ſ. Selbſtzünder.

## Q.

Queckſilber, I. 495; Reinigung desſelben für Barometer, I. 370; Vorzug desſ. für Thermometer, II. 101.
Queckſilberthermometer, ſ. Thermometer.
Quellen, II. 650; Urſachen ihres Entſtehens, II. 650; wechſelnde, II. 652; warme, II. 652. Quellwaſſer, verſchiedenes, II. 652.
Querſchwingungen, (Transverſalſchwingungen) II. 5; der Saiten, II. 10; der Membranen, II. 29; d. Stäbe, II. 30; der Scheiben, II. 34; der Glocken, II. 38.

## R.

Rad an der Welle, I. 217.
Rauch, II. 228.
Raum, leerer, I. 19; ſchädlicher bey Luftpumpen, I. 347.
Rauminhalt, I. 15.
Räumlichkeit, I. 15.
Rechenſtab, chemiſcher, I. 484.
Rectaſcenſion, ſ. Aufſteigung, gerade.
Reflectoren, ſ. Fernröhre, catoptriſche.
Reflexion der Wellen, I. 331; des Schalles, II. 74; der Wärme, II. 115, 118; des Lichtes, II. 271; Geſetze, II. 273; Verſuche zur Beſtätigung derſelben, II. 274; Erſcheinungen daraus, ſ. Spiegel; Erklärung nach den Hypotheſen, II. 296, 297.
Reflexionsgoniometer, II. 435.
Refraction, ſ. Brechung.
Refractoren, ſ. Fernröhre, dioptriſche.
Regeln (Kepler'ſche), ſ. Centralbewegung.
Regen, II. 667.
Regenbogen, II. 685; Nebenregenbogen, II. 686; Entſtehung des erſten, II. 686; des zweyten, II. 687; Mondregenbogen, II. 688.
Regenmenge, II. 668.
Regenwaſſer, II. 668.
Reibung, I. 465; wovon die Größe derſelben beſtimmt werde, I. 466; Verſuche über die Reibung, I. 467; Reibungsexponent, I. 468; Verminderungsmittel d. R., I. 468; Nutzen d. Reib., I. 469; Quelle d. Wärme, lè. 237, 241; Quelle der Electricität, II. 446; 456.
Reibzeug, II. 457.
Reif, II. 671.
Reihe der Stoffe, Spannungsreihe, II. 523; electro-chemiſche, II. 557; thermo-electriſche, II. 630.
Reſonanz, II. 83.
Reſonanzboden, II. 83; Wahl des Holzes, II. 84; wechſelſeitige Wirkung aller Theile muſikaliſcher Inſtrumente, II. 84; merkwürdige Erſcheinungen, II. 85; Verſtärkung des Orcheſters, II. 86.
Reſultirende Kräfte, ſ. Zuſammenſetzung der Kräfte.
Rettungsboote, I. 288.
Rhodium, I. 495.
Rinnſal, Bewegung des Waſſers in einem, I. 318 u. f.
Röhren, Geſetz der communicirenden, I. 271; Strömung des Waſſers durch R., I. 316.
Rohrwerk, II. 40; ſ. auch: Pfeifen.
Rolle, I. 203, 216.
Roſtpendel, ſ. Compenſation.
Rotation, electro-magnetiſche, als: eines Magnetes um einen Leitungsdraht, II. 621; des letzteren um den erſteren, II. 622; Verſuch nach Schweigger, II. 623; Barlow's Rädchen, II. 623; R. durch

den Erdmagnetismus, II. 625; R. eines Leitungsdrahtes um einen andern, II. 626; Erklärung aller dieſer Rotationen, II. 627.
Rotationsmagnetismus, Erſcheinungen deſſ., II. 603; erklärt aus el. Strömen, II. 636.
Rückſtand, ſ. Verſtärkung.
Ruß, II. 228.

S.

Saite, Schwingungen derſelben, und zwar: Querſchwingungen, II. 10; Längenſchwingungen, II. 28.
Sammellinſen, ſ. Linſen.
Samum, II. 661.
Sandhoſe, II. 678.
Sättigung, I. 480.
Saturn, I. 145.
Sauerſtoff, I. 490.
Sauerſtoffgas, II. 218; Eigenſchaften, II. 222.
Saugen, I. 390.
Saugwerke, I. 391.
Säule, electriſche, II. 529; die naſſe oder eigentl. Volta'ſche, II. 529; Becher- und Trogapparate von verſchiedener Einrichtung, II. 530; ein vorzüglich bequemer, II. 531; trockene Säule, II 532; Haupterſcheinung an jeder S., II. 533; Theorie der naſſen, II. 536; der trockenen, II. 539; Erinnerung über die letztere, II. 560; Oxydationstheorien, II. 541; Gründe dafür und dawider, II. 556; Ladungsſäule, II. 544; Wirkungen der el. Spannung in der Säule, II. 542; und des el. Stromes, als: phyſiologiſche, II. 545; el. Funken, II. 548; Erhitzung der Körper, II. 549; chemiſche Wirkungen, II. 550.
Säure, ſ. Sauerſtoff.
Scale, ſ. Gradleiter.
Schall, II. 6; Entſtehung, II. 6; das Qualitative und Quantitative desſelben, II. 8; urſprünglich ſchallende Körper, II. 9; Stärke des Schalles, II. 59; Fortleitung, II. 63; worin ſie überhaupt beſtehe, II. 64; Folgerungen in Beziehung auf die Geſchwindigkeit, II. 65; auf die Art der Bewegung, II. 66; die Tonhöhe, II. 66; die Stärke, II. 67; in Bez. auf das Fortleitungsmittel, II. 67; insbeſondere in der Luft, II. 68; in Beziehung auf Stärke, II. 68; Entfern., II. 70; Geſchwindigkeit, II. 70; Formeln, II. 73; in tropfbaren Flüſſigkeiten, II. 80; in feſten Körpern, II. 81; Geſchwindigk. d. Schalles in d. letzteren, II. 82; Wahrnehmung des Schalles, II. 87, ſ. auch: Ohr.
Schallſtrahl, II. 65.
Schallwelle, II. 43, 64; Länge derſ., II. 43, 64; Durchkreuzung mehrerer, II. 70; Zurückwerf., II. 74.
Schaltjahr, I, 91.
Schatten, II. 259; gefärbte, II. 261.
Scheiben, klingende, II. 34; ſtroboſcopiſche, II. 411.
Scheidung, ſ. Zerſetzung.
Schichtwolken, ſ. Wolken.
Schiebgeſtänge, I. 221.
Schiefe der Ecliptik, I. 89; ſchiefe Ebene, ſ. Fall.
Schießpulver, I. 343.
Schirme, II. 119.
Schmelzen, II. 165; Bindung der Wärme dabey, II. 169; Schm. durch Electricität, II. 515; mittelſt d. el. Säule, II. 549.
Schnarrwerke, II. 48, ſ. auch: Pfeifen.
Schnee, II. 668.
Schneegrenze, II. 655, 657.
Schnellwage, ſ. Wage.
Schraube, I. 220.
Schröpfköpfe, I. 393.
Schwefel und Schwefelſäure, I. 491.
Schwefelätherhygrometer von Daniell, II. 199; Verfahren den Feuchtigkeitszuſtand d. Atmoſphäre dadurch zu beſtimmen, II. 711.
Schwere, Schwerkraft, I. 157; iſt in allen irdiſchen Körpern wirkſam, I. 157; Maß derſelben, I. 158; iſt in allen Weltkörpern wirkſam, I 158; wovon die Größe ihrer Wirkung abhänge, I. 159; iſt am größten auf der Oberfläche des anz. K., I. 165; Einflüſſe auf die irdiſche Schwere, I. 166, 167.
Schwerpunct, I. 207; Beſtimmung desſelben, I. 212; Änderung des-

ſelben bey geänderter Vertheilung der Maſſe, I. 214; verſchiedene Erſcheinungen, I. 215.
Schwimmen, natürliches, I. 287; Lage des ſchwimmenden Körpers, I. 289; Stabilität desſelben, I. 289; künſtliches Schwimmen der Menſchen u. Thiere, I. 324; Korkfiſche oder Bleyfiſche, I. 325.
Schwimmgürtel, I. 288.
Schwingungen der Pendel, ſ. dieſe; der elaſtiſchen Körper, II. 2; allgemeine Darſtell. dieſer Schw., II. 3; Iſochronismus, II. 4; Arten derſelben, II. 5; Hauptſätze darüber, II. 5; Schw. d. Saiten, Membranen, Stäbe, Scheiben, der Luft, ſ. dieſe Wörter; d. Magnetnadel zur Erforſchung der Neigung, II. 581; der Stärke des Erdmagnetismus, II. 584; und der eines Magn., II. 588; Schw. desſelben über einer Scheibe, ſ. Rotationsmagnetismus.
Schwingungsknoten, b. Saiten, II. 11; b. Stäben, II. 30, 32; b. Scheiben, II. 34; in Pfeifen, II. 44, 45, 47.
Schwingungspunct, I. 238.
Schwungkraft, ſ. Fliehkraft.
Schwungmaſchine, I. 63.
See, II. 653.
Segner'ſche Maſchine, I. 280.
Sehen, wie es geſchehe, II. 404; S. eines ausgedehnt. Gegenſtandes, II. 405; durch ein umgekehrtes Bild, II. 405; einf. S. durch zwey Augen, II. 406; S. d. Bewegung, II. 413.
Sehweite, deutliche, II. 408.
Sehwinkel, ſ. Winkel.
Seil, I. 221.
Seilmaſchine, I. 50.
Seitendruck, I. 280.
Selen, I. 493.
Selbſtverbrennung, II. 243.
Selbſtzünder, II. 242.
Sicherheitslampe, ſ. Grubenlampe.
Sicherheitsröhren, I. 403.
Sicherheitsventil, II. 176, 208, 212.
Sideroſcop, II. 602.
Sieden, II. 174; in freyer Luft, II. 174; in verſchloſſenen Gefäßen, II. 175; die Siedhitze iſt bey verſchiedenen Flüſſigk. verſchieden, II. 174, 703; und hängt in offenen Gefäßen ab von dem Drucke der Luft, II. 174; in verſchloſſenen von dem Drucke der Dämpfe, II. 175, ſ. auch: Siedepunct; Bindung der Wärme beym Sieden, II. 177.
Siedepunct am Thermometer, II. 102; genaue Beſtimmung desſ., II. 106, 109; bey verſchiedenem Barometerſtande, II. 111; Sdp. verſchiedener Flüſſigkeiten, II. 174; 703.
Silber, I. 496.
Sirene, II. 14.
Sirocco, II. 662.
Sonne, ſcheinb. Beweg. derſ., I. 86; Sonnenflecken, I. 93; Größe, Maſſe, Dichte ꝛc. der S., I. 113, 114, 116; Beſchaffenh. ihrer Oberfläche, I. 140.
Sonnenbahn, ſ. Ecliptik.
Sonnenfackeln, I. 93.
Sonnenferne u. Sonnennähe, I. 110.
Sonnenfinſterniß, I. 93; Urſ. derſ. 129.
Sonnenlicht, eine Hauptquelle der Wärme, II. 237, 437.
Sonnenmicroſcop, ſ. Microſcop.
Sonnentag, mittl. u. wahrer, I. 87.
Sonnenzirkel, I. 128.
Sonntagsbuchſtabe, I. 129.
Spannkraft der Dämpfe, ſ. Dampf.
Spannung, electriſche, II. 455; Art die Größe derſelben zu ſchätzen, ſ. Electroſcop, Drehwage, Prüfungsſcheibchen; wovon ſie abhänge in der einfachen Kette, II. 522; in der Säule, II. 533.
Spannungsreihen verſchiedener Körper, II. 523; Methoden ſie aufzufinden, II. 523.
Spiegel, II. 272; Erſcheinungen im ebenen, II. 275; Doppelbilder, II. 279; in Hohlſpiegeln, II. 281; in Converſpiegeln, II. 289; in gemiſchten Sp., II. 291; analytiſche Betrachtung, II. 292.
Spinne, electriſche, II. 499.
Spitzen, als electriſche Leiter, II. 480; Wirkung einer und mehrerer, II. 481.
Sprachrohr, II. 78.
Springbrunn, I. 273, 313; durch Verdichtung, I. 341, ſ. auch: Heronsbrunn.
Sprödigkeit, I. 422.
Spundloch, I. 360.

Stab, I. 221; Schwingungen der Stäbe, transverſale, II. 30; dienen zur Beſtimmung der Schwingungszahl, II. 31; longitudinale, II. 33; drehende, II. 34.
Stabilität, ſ. Gleichgewicht, ſtabiles.
Starrheit, Weſen derſelben, I. 417.
Stechheber, ſ. Heber.
Steifheit der Seile, I. 264.
Steinregen, ſ. Meteorſteine.
Sternbild, I. 85.
Sternſchnuppen, II. 683.
Sterntag, I. 85.
Stickſtoff u. Stickgas, I. 491, II. 223.
Stimme, menſchl., II. 54; d. Thiere, II. 58.
Stimmung eines Inſtrumentes im Allgemeinen, II. 23; der verſchiedenen Pfeifen, II. 46.
Stimmgabel, II. 32.
Stöchiometrie, I. 483; ſtöchiometr. Zahl, I. 483; Äquivalentenſcale, I. 484; Geſchichtliches, I. 484; über Dalton's Hypotheſe, I. 484.
Stoffe, electro-poſitive und electro-negative, II. 557.
Stoß, gerader und centraler, I. 246; unelaſtiſcher Körper, I. 247; elaſtiſcher Körper, I. 250; ſchiefer St., I. 257; excentriſcher, I. 261; St. des Waſſers, I. 326; der Luft, I. 405; iſt eine Quelle der Wärme, II. 237, 241.
Stoßheber, I. 328.
Stoßmaſchine, I. 250.
Strahl, ſ. Schallſtrahl, Wärmeſtrahl, Lichtſtrahl.
Strahlenbrechung, atmoſphäriſche, II. 306, ſ. auch: Brechung.
Streckbarkeit, I. 422.
Strom, ſ. Fluß; electriſcher, II. 455; geht durch das Innere der Leiter, II. 483; wie man ſich ihn vorſtelle, II. 484; in der el. Kette, II. 524; wovon ſeine Stärke abhänge, II. 525; Wirkung desſelben in der einfachen Kette, II. 527; in der Volta'ſchen Säule, II. 545; Wirkungen eines el. Stromes auf einen andern, II. 607; der Stromtheile auf einander, II. 626; auf einen Magnet, II. 608; umgekehrt, II. 622; ſecundäre el. Ströme und ihre Wirkungen, II. 630; Auffindung ſchwacher el. Ströme, II. 613; Beſtimmung ihrer Richtung und Stärke, ſ. Multiplicatoren; el. Ströme, welche die Erde und jeden Magnet umkreiſend gedacht werden, II. 616.
Strontium, I. 496.
Sublimation, II. 178.
Süd, ſ. Weltgegenden.
Südlicht, II. 680.
Sümpfe, II. 653.
Syſtem, ſ. Weltſyſtem.

## T.

Tabellen, ſ. Tafeln.
Tachypyrion, II. 142.
Tactmeſſer, ſ. Metronom.
Tafel, Franklin'ſche, II. 499.
Tafeln, verſchiedene Gegenſtände betreffend, nähmlich, im I. Bd.: über die Weltkörper des Sonnenſyſtems, 113, 114, 115, 116; über in- und ausländiſche Maße, als: Längenmaße, 503, worunter auch Wegmaße, 505, Flächenmaße, 506, Körpermaße 507, Hohlmaße 508; über in- und ausländiſche Gewichte 512; über das ſpec. Gewicht des Waſſers bey verſchied. Temperaturen, 516; das ſp. Gew. mehrerer feſten Körper und tropfb. Flüſſigkeiten, 517; ausdehnſamer Flüſſigk. 519; eine Reductionstafel, 520; über das ſpec. Gew. gemiſchter Mater., 520, 521; über die Zeit am wahren Mittage, 522; Überſicht einiger Geſchwindigkeiten, 524; Länge der Meridiangrade an verſchied. Orten, 526; die dreyßig Klimate, 526; über d. Länge des Secundenpendels an verſch Orten, 527; über die Sprunghöhe des Waſſerſtrahles, 528; über die abſ. Feſtigkeit verſch. Körper, 529; einiger Metallgemiſche, 531; über reſpective Feſtigkeit, 533; über rückwirkende Feſtigkeit, 535. — Tafeln im II. Bde., als: über Tonwerthe, 20, 21; über das Wärmeleitungsvermögen verſch. Körper, 693; über Wärmecapacitäten, 694; über die Ausdehnung der feſten Körper durch Wärme, 696; über die des Waſ-

ſers, 697; des Alkohols, 698; anderer Flüſſigkeiten, 699; Vergleichung d. Luft- und Queckſilberthermometers, 699; Schmelzpuncte verſchiedener Körper, 700; des Roſeſchen Metallgemiſches in mehreren Verhältniſſen, 701; kaltmachende Miſchungen, 701; Siedepuncte, 703; mehrere Taf. über die Spannung der Waſſerdämpfe, 704—710; Anwendung d. Schwefelätherhygr., 711; d. Pſychrometers, 712; über Feuerungsmittel, 235; über das Brechungsvermögen einiger Körper, 714; über die Brechungsexponenten von Kronglas, Flintglas u. Waſſer, 717; über die Farbenzerſtreuung durch mehrere Körper, 717; über dopp. brechende Kryſtalle, 719; über Leiter u. Nichtleiter d. Electr., 720; über die El. verſch. Körper, 721; über das Leitungsvermögen der Metalle, 614; leitende Flüſſigkeiten, 526; Spannungsreihen von Electromot., 523; Zerſ. durch El., 722; Wirk. verſchied. Körper auf eine ſchwing. Magnetnadel, 605; thermo-electriſche Reihe, 630.

Tag, Sterntag, I. 85; Sonnentag, I. 87; Ungleichheit der Sonnentage, I. 87.

Tagbogen, I. 81.

Tamtam, II. 86.

Tantal, I. 494.

Tanz, electriſcher, II. 462.

Taucherglocke, I. 338.

Teleſcope, ſ. Fernröhre.

Tellur, I. 494.

Temperatur, der Erdoberfläche, II. 654; periodiſcher Gang derſelben, II. 654; mittlere, II. 657; an verſchiedenen Orten, II. 657; eigenthümliche Temp. des Menſchen, II. 238; Erklärungen, II. 238, 239; ob ſie geſteigert werde, II. 242; T. der Thiere, II. 239, 242; d. Pflanzen, II. 239; des Innern d. Erde, II. 240; der Meere, II. 244; der Seen, II. 244; muſikaliſche T., II. 20; gleichſchwebende, II. 21.

Terrellen, II. 587.

Thau und Urſache ſeines Entſtehens, II. 671.

Thaumatrop, II. 410.

Thaupunct, II. 198; am Schwefelätherhygrometer, II. 200.

Theilung und Theilbarkeit, I. 412; ob ſie eine nothwendige Gränze habe, I. 412; wirkliche Theilung, I. 414; chemiſche Th., ſ. Zerſetzung.

Theodolith, I. 80.

Thermoelectricität, II. 628; thermoelectr. Reihe, ſ. Reihe; thermoel. Kryſtalle, ſ. Kryſtalle.

Thermomagnetismus, ſ. Thermoelectricität.

Thermometer, worauf die Einrichtung derſ. ſich gründe, II. 97; Queckſilbertherm., II. 101; Bau desſelben überhaupt, II. 102; Scalen, II. 103; Bedingungen der Vollkommenheit, II. 106: allmähliche Abnahme der Vollkommenheit u. vermuthete Urſache davon, II. 109; Maximum- und Minimumtherm., II. 111; Microthermoſcope, II. 112; Metalltherm., II. 150; Lufttherm., II. 162.

Thierkreis, I. 90.

Titan, I. 494.

Ton, II. 8; wovon ſeine Höhe abhänge, II. 13; Beſtimmung der Töne einer Octave durch Verſuche, II. 14; Zahlenwerthe derſelben, II. 15; große u. kleine, ganze u. halbe Töne, II. 17, ſ. auch: Intervall; Berechnung d. Töne, II. 22; Conſonirende Töne, ſ. Conſonanz.

Tonleiter, diatoniſche, II. 16; harte, II. 16; weiche, II. 19; chromatiſche, II. 19, 21.

Tonmeſſer, II. 15.

Tonverhältniß oder Intervall, II. 17.

Torricelliſche Röhre, I. 358; T. Leere, I. 359.

Trabanten, ſ. Monde.

Transverſalmagnet, II. 597; als ſolcher zeigt ſich zum Theil der Schließungsdraht einer el. Säule, II. 619.

Transverſalſchwingung, ſ. Querſchwingung.

Trägheit, I. 31.

Trägheitsmoment, I. 240.

Trennung, eine Quelle der Electricität, II. 593.

Trichter, magiſcher, I. 361.

Trogapparat, ſ. Säule.
Tropfbarkeit, ſ. Flüſſigkeit.
Tropfenbildung, I. 423.
Turmalin, doppeltbrechend und das Licht polariſirend, II. 377; daher mehrfache bequeme Anwendung, II. 377, 383, 384, 385, 388, 389, 391; ein thermo-electr. Kryſtall, II. 564.
Tychon. Weltſyſtem, ſ. Weltſyſtem.

U.

Übergangsgebirge, II. 643.
Undulation, ſ. Lichtwelle.
Undurchdringlichkeit, I. 18.
Unitarier, Hypotheſe der, II. 452; Erklärung der el. Spannung u. des el. Stromes nach derſelb., II. 455; der El. maſchine, II. 464; der Geſetze der entgegengeſetzten Electricitäten, II. 469. ſ. auch: Electricität und die einz. Lehren darüber.
Uran, I. 495.
Uranus, I. 145.
Urgebirge, II. 642.

V.

Vegetation, Einwirk. derſelben auf das Klima, II. 656.
Ventil, I. 267.
Venus, I. 142.
Verbindung, chemiſche, mehr oder weniger innige, I. 476; Bedingungen derſ., I. 477; wodurch d. Stärke derſelben beſtimmt werde, I. 478; ob beſtimmte Verhältniſſe Statt finden, I. 479.
Verbrennung, II. 217; Bedingungen derſelben, II. 217; durch Sauerſtoff, Erſcheinung und Erklärung derſelben, II. 217; Producte, II. 220; begleitende Erſcheinungen, II. 227, ſ. auch: Flamme, Rauch Aſche, Docht, Exploſion; V. ohne Sauerſtoff, II. 227; Anw. der V., II. 231; electro-chemiſche Erklärung des Verbrennungsprozeſſes II. 559.
Verdichtung bew. Wärme, II. 237, 241.
Verdichtungspumpe, I. 343.
Verdünſtung im abgeſchloſſenen Raume, II. 185; im Freyen, Maximum derſ., II. 196, ſ. auch: Hygrometer; Unterſchied zwiſchen der Verdünſt. beym Sieden und der bey niedrigen Temp., II. 181, 197; Abkühl. durch Verdünſt., II. 182, ſ. auch: Dampf.
Verſtärkung, electriſche, II. 489; Ladung u. Entladung, II. 491; Haupterſcheinung, II. 492; abgeleitete Erſcheinungen, II. 493; nähere Betrachtung, II. 494; Vergleichung der Verſtärkung mit dem Condenſator, II. 496; Rückſtand, II. 497; Folgerungen, II. 498; Anwendungen, II. 500; Ladung durch die el. Säule, II. 544.
Vertheilung, electriſche, und ihr Geſetz, II. 466; Folgerungen, II. 469; Apparate, die darauf beruhen, nebſt allgemeiner Betrachtung, II. 484; magnetiſche V., II. 573.
Verwandtſchaft, chemiſche, I. 472; Kräfte, die ihr entgegenwirken, I. 472; Wahlverwandtſchaft, einfache und mehrfache, I. 473; verſinnlichende Darſtellungen, I. 474; die chem. Verw. als Folge el. Anzieh., II. 559, ſ. auch: Electrochemie.
Veſta, I. 143.
Vexierbecher, I. 398
Vibration, Unterſchied von Undulation, ſ. Lichtwelle.
Vibrationshypotheſe, II. 249; Zuſatz, II. 250; Erklärung der Reflexion, II. 297; der einfachen Brechung, II. 332, 334; der Farbenzerſtreuung, II. 362; der Interferenz, II. 368; der Beugung, II. 371; der Farbenringe, II. 375; d. Polariſirung und doppelten Strahlenbrechung, II. 396, 397, 399.
Vocale, II. 57.
Vollmond, ſ. Mond.
Volum, ſ. Rauminhalt.
Vorrücken der Nachtgleichen, I. 90.
Vulkane, II. 644; Erſcheinungen, II. 644; wahrſcheinl. Urſachen, II. 644.

W.

Wage, I. 222; Eigenſchaft derſelben, I. 222; nöthige Einrichtung ihrer Theile, I. 223; wie auch eine falſche zu brauchen ſey, I. 227; hydroſtatiſche, I. 226; Schnellwage, I. 227.

Wahlverwandtſchaft, ſ. Verwandtſchft.
Waldhorn, II. 53.
Wanne, pneumatiſche, I. 402.
Wärme, verſch. Bed., II. 93; Quellen derſ., II. 94, 236; freye u. gebundene, II. 94; Wärmemeſſer, ſ. Thermometer; Verbreitung d. Wärme, II. 114; ſtrahlende, II. 115; ihre Geſchwindigkeit, II. 115; Einfluß d. Oberflächen auf d. Ausſtrahlen, II. 117; Einſaugen, II. 118; Zurückſtrahlen, II. 118; daraus ſich ergebende Erſchein., II. 120; Fortleit. d. W., II. 122; Wärmeleiter, II. 123; Verſuche, II. 124; Anwendungen, II. 125, wärmefortführendes Vermögen d. Flüſſigkeiten, II. 127; ſpec. Wärme, ſ. Capacität; Wirkungen der Wärme: ſie dehnt alle Körper aus, II. 143; ſcheinbare Ausnahmen, II. 143, ſ. auch: Ausdehnung; ſie ändert den Aggregatzuſtand, ſ. Schmelzung u. Dampf; Bildung und Zerſetzung der Dämpfe, II. 216; Verbrennungsprozeß, ſ. Verbrennung; Zuſammenhang der Wärme mit dem Lichte, II. 442; ob ſie auch in Vibrationen beſtehen könnte, II. 444, ſ. auch: Wärmeſtoff.
Wärmeänderung, Quelle der Electricität, II. 564.
Wärmeſtoff, als Urſache von Wärmeerſcheinungen, II. 94; andere Vorſtellungsweiſen, II. 96, 444.
Wärmeſtrahl, ſ. Wärme.
Waſſer iſt ein Oxyd, II. 221; Zerſetz. u. Zuſammenſetzung deſſ., II. 221; durch Electricität, II. 512, 516; beſonders mittelſt d. el. Kette, II. 528; u. Säule, II. 550, 552; wie man ſich d. Vorgang dabey vorſtelle, II. 558; Zerſetz. deſſ. durch ſecund. el. Ströme mittelſt eines Magnetes, II. 633, 635.
Waſſerhoſe, II. 678.
Waſſerleitungen, I. 272, 317.
Waſſermeteore, II. 665.
Waſſerſäulenmaſchine, I. 274.
Waſſerſtoff, und ſeine Hauptverbindungen, I. 494, ſ. auch: Waſſer.
Waſſerſtrahl, zuſammengezogener, ſeine Wirkung, I. 307.
Waſſerwage, I. 273.
Waſſerziehen der Sonne, II. 689.
Wechſelhäuschen, I. 318.
Wechſelwinde, ſ. Wind.
Weingeiſtthermometer, ſ. Thermometer.
Welle, I. 329; Haupterſcheinungen, I. 329; Verſuche in d. Wellenrinne, I. 330; Bewegung der einzelnen Theilchen, I. 330; Geſchwindigkeit der Fortſchreit., I. 331; Geſtaltänderung der Welle, I. 331; Zurückwerfung, I. 331; Durchkreuzung und Beugung, II. 332.
Wellenberg und Wellenthal, ſ. Welle.
Wellrad, ſ. Rad.
Weltachſe, ſ. Achſe.
Weltgebäude, I. 75; Größe desſelben, I. 153.
Weltgegenden, I. 83.
Weltkörper, I. 75; Tafel über ihre Entfernungen, Größen, Bewegungen, I. 113; Beſchaffenheit derſ., I. 140 u. f.; Bewohnbarkeit, I. 153.
Weltmeer, ſ. Meer.
Weltſyſtem, Copernicaniſches, I. 109; andere Weltſyſt., I. 135, 136; Vorzug des Copernicaniſchen, I. 137.
Wendekreiſe, I. 89.
Werkzeuge, optiſche, II. 414.
Weſt, ſ. Weltgegenden.
Wetterleuchten, II. 678.
Wetterlicht, II. 678.
Widerſtand des Mittels, I. 268; einer tropfbaren Flüſſigkeit u. Folgen davon, I. 322; W. der Luft, I. 386; Größe deſſ., I. 387.
Wind, II. 657; Stärke, II. 657; Richtung, II. 657; Periodicität, II. 658; Paſſatw., II. 658; Wechſelw., II. 660; Land- und Seewinde, II. 660; unregelmäßige Winde, II. 661; beſond. Eigenſchaften einiger, II. 661; el. Wind, II. 459, 480.
Windbüchſe, I. 341.
Windſtöcke, I. 318.
Winkel, optiſcher oder Sehewinkel, II. 262.
Winkelmeſſer, I. 79; für Kryſtalle, I. 424; Reflexionsgoniometer, II. 435.
Winkelſpiegel, II. 278.
Wirkung, mechan. u. chemiſche, I. 6.
Wismuth, I. 495.

Wogen in der Kette, II. 556.
Wolfram, I. 493.
Wolken, II. 665; Claſſificirung derſelben nach ihrer Geſtalt, II. 666; Farben derſelben, II. 685.
Woulf'ſcher Apparat, I. 404.
Wurfbewegung, I. 191; abwärts, I. 191; aufwärts, I. 192; horizontal und unter einem beliebigen Winkel, I. 193.

## Y.

Yttrium, I. 496.

## Z.

Zauberlaterne, II. 433.
Zeichenſprache, chemiſche, I. 497.
Zeit, wahre und mittlere Sonnenzeit und Sternzeit, ſ. Sonnentag und Sterntag.
Zeitgleichung, I. 88.
Zenith, I. 77.
Zerbrechen, Zerdrehen, Zerdrücken, Zerreißen, ſ. Feſtigkeit, abſolute, reſpective, ꝛc.
Zerlegung d. Körper, I. 9; d. Kräfte, I. 47.
Zerrbilder, optiſche, II. 265; catoptriſche, II 291; dioptriſche, II. 310.
Zerſetzung, chem., I. 471; des Waſſers und anderer Stoffe durch Electricität, II. 516; mittelſt d. Säule, II. 550, 552; d. feuchten Leiters in d. Säule, II. 555; Eintheilung d. Stoffe in dieſer Beziehung, II. 557; Erklär. jener Zerſetzungen, II. 558; Electrochemie, II. 558, ſ. auch dieſes Wort; chem. Zerſ. iſt auch eine Quelle von Electricität, II. 566; Zerſ. mittelſt der durch einen Magn. erregten el. Ströme, II. 633, 635.
Zerſtreuung, ſ. Farbenzerſtreuung.
Zerſtreuungslinſen, ſ. Linſen.
Zink, I. 496.
Zinn, I. 495.
Zirkonium, I. 496.
Zodiacallicht, II. 689.
Zone, heiße, gemäßigte, kalte, I. 123.
Zündkörper, ſ. Verbrennung.
Zündmaſchine, electriſche, II. 508; mit Platinſchwamm, II. 510.
Zungenpfeifen, ſ. Pfeifen.
Zurückwerfung, ſ. Reflexion.
Zuſammendrückbarkeit des Waſſers, I. 433; der Gaſe, I. 335.
Zuſammenhang, I. 411; findet auch Statt bey Flüſſigkeiten, I. 417; Modification deſſ. bey feſten Körpern, I. 421.
Zuſammenſetzung, mechaniſche und chemiſche, I. 470; Anſicht der Dynamiker u. Atomiſten darüber, I. 471.

# Einige Nachträge und Berichtigungen.

## Nachträge.

Auf Seite 364 vor dem §. 806 iſt beyzufügen: In Beziehung auf die Zerſetzung des Weißlichtes in farbiges hat Brewſter aus mehreren von ihm angeſtellten Verſuchen gefolgert, das weiße Licht beſtehe aus drey einfachen Lichtgattungen, der rothen, gelben und blauen, und mithin beſtehe auch das prismatiſche Sonnenfarbenbild aus drey über einander fallenden Farbenbildern von gleicher Länge, die an gleichen Puncten anfangen und enden; nur ſey die größte Intenſität des rothen Farbenbildes in der kleinſten Entfernung vom Anfange, die des gelben gegen die Mitte, die des blauen am nächſten gegen das Ende der ganzen Länge; überdieß nehme gegen dieſes Ende die Intenſität des gelben am ſchnellſten ab, weniger die des blauen, noch weniger die des rothen; in jedem Punkte der ganzen Länge ſeyen mithin Strahlen von allen Gattungen vorhanden, nur in verſchiedener Menge, daher die verſchiedene Farbe jeder Stelle. Daß am Ende die aus Roth und Blau gemiſchte Farbe erſcheine, ſey eben davon die Folge, weil das Roth gegen dieſes Ende weit weniger abnimmt, als das Gelbe, welches dort äußerſt ſchwach wird. — Da ſich übrigens Brewſter's Anſicht nebſt den Verſuchen, worauf er dieſelbe gründet, und welche in Zerſetzungen des Weißlichtes durch farbige Körper beſtehen, im Kurzen nicht vollſtändig darſtellen läßt: ſo verweiſen wir den Leſer auf Brewſter's Abhandlung ſelbſt im Edinb. Journ. of sc. 1831. Nr. 10. —

Auf Seite 366 nach dem Worte »leicht« in der Zeile 17 iſt beyzufügen: Sehr erleichtert indeſſen wird der Verſuch, wenn man, anſtatt directes Sonnenlicht auf die Spiegel fallen zu laſſen, dasſelbe nur nahe vorbey ſtreichen läßt. Es iſt hinreichend und man ſieht die Erſcheinung deutlich, während das directe Licht dem Auge wehe thut. Der Verfaſſer verdanket dieſe Art den Verſuch zu erleichtern dem Herrn Prof. v. Ettingshauſen, der auch noch andere intereſſante hierher gehörige Erſcheinungen beobachtet hat. — Will man übrigens des directen Sonnenlichtes ſich bedienen: ſo muß an der Öffnung, wenn ſie rund iſt, eine Linſe, wenn ſie eine Spalte iſt, ein halbcylinderförmig geſchliffenes Glas (beyde von ſehr kurzer Brennweite) angebracht werden, damit die Strahlen hinter dem Brennpunkte oder der Brennlinie recht ſtark divergiren.

Auf Seite 388 vor §. 825 iſt beyzufügen: Da indeſſen Biot es verſucht hat, eine hiermit verwandte Erſcheinung, die man mit dem Namen Polariſirung durch Drehung bezeichnet, auch zu practiſchen Zwecken anzuwenden: ſo ſollen einige Worte darüber angefügt werden, die aber eigentlich zu dem ſpäteren §. 827 gehören. Werden nähmlich zwey Turmalinplättchen in diejenige gegenſeitige Lage gebracht, bey welcher das durchgehende Licht das Minimum von Helligkeit gibt, und bringt man eine ſenkrecht auf die Achſe geſchnittene Bergkryſtallplatte dazwiſchen: ſo erſcheint wieder eine gewiſſe Helligkeit nebſt den im §. 827 angeführten farbigen Kreiſen. Wird nun das dem Auge zugekehrte Turmalinplättchen allmählich gedreht: ſo zeigen ſich nach und nach Änderungen in der Farbenerſcheinung, die in beſtimmter Ordnung einander folgen bis bey einer Drehung um 180° wieder die erſte Erſcheinung zum Vorſchein kömmt, und bey weiter fortgeſetzter

Drehung dieſelbe Folge von Erſcheinungen ſich wiederholt. Nun aber iſt noch merkwürdig, daß Platten aus verſchiedenen Bergkryſtallen geſchnitten zwar dieſelben Erſcheinungen geben, daß aber bey manchen das Turmalinplättchen von links nach rechts, bey andern von rechts nach links gedreht werden muß, wenn die Erſcheinungen einander in derſelben Ordnung folgen ſollen. Dieſes gab die Veranlaſſung, die einen Kryſtalle rechts gewundene, die anderen links gewundene zu nennen. Sie unterſcheiden ſich auch im Äußern durch eine entgegengeſetzte Lage der kleinen Abſtumpfungsflächen. — Wie bey Bergkryſtallen, ſo findet ſich auch bey andern Körpern, ſogar bey manchen Flüſſigkeiten, welche ähnliche Wirkungen auf das Licht machen, ein ähnlicher Unterſchied der Erſcheinungen (ſo z. B. beym Rohr- und Traubenzucker, indem jener eine Drehung nach rechts erfordert, um die Erſcheinung der Helligkeit in die der Dunkelheit zu verwandeln, beym Traubenzucker aber dagegen eine Drehung nach links nöthig iſt, wenn er noch nie feſt war, bey ſchon feſt geweſenem aber gleichfalls eine Drehung nach rechts). Es verſteht ſich übrigens von ſelbſt, daß dergleichen Flüſſigkeiten, in Röhren mit einem recht ebenen Glasboden eingeſchloſſen, zwiſchen die Turmalinplättchen (oder auch andere zwey polariſirende Körper) gebracht werden müſſen. Ferner darf die Flüſſigkeitsſäule nicht zu kurz ſeyn. So z. B. fand Biot, daß bey Terpentinöhl eine Säule von 16 Centimeter (über 6 Wiener Zoll) Länge eine Wirkung mache, wie eine 1 Millimeter (etwa 1 Wiener Linie) dicke Bergkryſtallplatte. Man ſehe über dieſen Gegenſtand auch Annalen der Phyſik von Pogg. Bd. XXVIII. S. 165. — Einen für Flüſſigkeiten zweckmäßigen und netten Apparat (Glycoſcop, Süßzeiger, Zuckerzeiger) hat Hr. Direktor Baumgartner angegeben und ausführen laſſen, auch eine Beſchreibung nebſt Zeichnung davon geliefert in einem 1834 in einer Verſammlung der landwirthſchaftlichen Geſellſchaft vorgetragenen und eigens abgedruckten Aufſatze, welcher ſich anſchließt an eine vom Freyherrn von Jacquin gegebene Überſicht der neueſten Erfahrungen über den Vorgang bey der geiſtigen Gährung der ſtärkmehlhaltigen Stoffe.

Auf Seite 436 nach §. 859 iſt beyzufügen: Ein ganz einfacher und leicht herzuſtellender Apparat der Art iſt, nach einer Zeichnung und Beſchreibung vom Hrn. Aug. Neumann, im J. 1834 in der Werkſtätte des polyt. Inſtitutes hergeſtellt worden, und leiſtet ganz die gewünſchten Dienſte. Nicht umhin kann ich, hier auch der gefälligen Mitwirkung meines durch ſeine Genauigkeit bekannten Collegen, Hrn. Prof. Stampfer, bey der letzten Berichtigung und Aufſtellung des Apparates an dem nicht ganz bequemen Orte, wo er gebraucht werden muß, mit Dank zu erwähnen. — Jene oben gedachte Beſchreibung und Zeichnung ſoll in dem nächſten Hefte der Zeitſchrift für Phyſik erſcheinen.

Auf Seite 524 nach Zeile 8 iſt beyzufügen: Über eine merkwürdige Beziehung zwiſchen der Adhärenz der metalliſchen Körper und der electriſchen Differenz derſelben ſehe man eine Abhandlung vom Hrn. Regierungsrath Prechtl in den Jahrbüchern des polyt. Inſtitutes Bd. XIV. S. 144. Der Verfaſſer folgert aus dort angeführten Verſuchen, die electriſchen Kräfte der Körper ſeyen ſecundären Urſprunges, nähmlich Erſcheinungen, welche hervorgehen aus einer gewiſſen Wechſelwirkung der Körper, beſtehend in dem Streben derſelben wechſelſeitig ihre Cohäſion zu ändern.

Auf Seite 524 nach Zeile 8 iſt noch beyzufügen: In einem über den wahrſcheinlichen Grund der Electricitätserregung durch Berührung handelnden (in den Jahrb. des polyt. Inſt. Bd. XVIII. S. 290 u. ſ. w. abgedruckten) Aufſatze von

Chr. Doppler (Aſſiſtenten des Lehrſ. der höh. Mathematik am polyt. Inſt. in Wien) wird angenommen, es ſeyen die Atome aller Körper von der electriſchen Flüſſigkeit ſphäriſch umgeben; zugleich ſey es eine Folge des einſeitigen Zuges dieſer Atome nach innen, daß dieſelben an der Oberfläche jedes Körpers gleichſam ein Häutchen von anderer Dichte als die des Körpers bilden, dergleichen man ſchon lange an der Oberfläche flüſſiger Materien ſich gedacht hat, welches aber, nach Hrn. Doppler's Meinung, auch bey feſten Körpern Statt finden dürfte. Die Dichte dieſes Häutchens müſſe ſich nach der Natur des berührenden Mediums ändern, würde mithin dichter ſeyn in Berührung mit Luft, dünner in Berührung mit einem Metalle. Angenommen nun, daß die Änderung der Dichte des Häutchens eine Bindung oder Entbindung der electriſchen Materie zur Folge habe, müßte bey zwey einander berührenden guten Leitern von gleicher Natur das electriſche Gleichgewicht an dem dünner gewordenen Häutchen und mithin in beyden ganzen Körpern aufgehoben, bey der Trennung derſelben aber wieder hergeſtellt werden; nicht ſo aber, wenn die zwey Leiter ungleicher Natur ſind, alſo ein ungleiches Leitungsvermögen beſitzen (wie z. B. Zink und Kupfer), hier ſey nach der Trennung ein relativer Überfluß und relativer Mangel die Folge, u. ſ. w.

Auf Seite 559 nach Zeile 17 iſt beyzufügen: Eine der neueſten Äußerungen über die electriſche Theorie des chemiſchen Prozeſſes iſt zu finden in dem kürzlich erſchienenen Werke: »Chemiſche Äquivalenten- oder Atomenlehre von P. T. Meißner, Wien 1834,« welche auch eine ausführliche Darſtellung des Geſchichtlichen der Stöchiometrie, und (im Bd. II.) eine vollſtändige Tafel der Stoffe enthält, mit den ſtöchiometriſchen Zahlen, die ſowohl nach Berzelius als nach den Beſtimmungen des Hrn. Verfaſſers angegeben ſind.

Ausſichten zu bedeutenden Erweiterungen in der Lehre von dem electriſchen und chemiſchen Prozeſſe und dem Zuſammenhange beyder eröffnen ſich durch Faraday's neueſte Experimentaluntersuchungen, welche indeſſen hier einſtweilen nur erwähnt werden können. (Außer den engländiſchen Zeitſchriften ſehe man darüber auch die letzten Bände der Annalen der Phyſik.)

Auf Seite 575 nach Zeile 4 iſt beyzufügen: Neuere Beobachtungen über die genannten relativen Indifferenzpunkte von Hrn. Hoffer nebſt andern Verſuchen über Magnetismus, ſ. Zeitſch. für Phyſik, N. F. Bd. III.

---

## Berichtigungen.

| Seite: | Zeile: | ſtatt: | leſe man: |
|---|---|---|---|
| 45 | 11 v. u. | keinen | keinen bedeutenden |
| 49 | 4 v. u. | Tones ab | Tones vorzüglich ab |
| 117 | 10 v. o. | hat die | hat (bey beſtimmter Temperatur) die |
| 136 | 8 v. u. | Ballon B | Ballon B' |
| — | 3 v. u. | R | R (Zeichnung 88) |
| 188 | 14 v. u. | $e = b + r\,r'$ | $e = b + s\,t'$ |
| 194 | 8 v. u. | luftleeren | luftvollen |
| 286 | 17 v. o. | a | $\alpha$ |
| 296 | 10 v. u. | 2 f iſt | 2 f, oder auch, wenn $d = o$ iſt. |
| 297 | 4 v. u. | t'u | t'ú |
| — | 3 v. u. | ut' | út' |
| — | 1 v. u. | gf | gu |
| 319 | 21 v. o. | auf den Spiegel | auf die Linſe |
| 337 | 21 v. o. | Punct | Punct c |
| 338 | 5 v. u. | findet | finde |

| Seite: | Zeile: | ſtatt: | leſe man: |
|---|---|---|---|
| 354 | 12 v. u. | kreisförmige | ringförmige |
| 365 | 13 v. u. | beſſer | auch |
| — | 11 v. u. | überdieß zwiſchen den zwey Bildern | in dem Raume, wo die zwey Bilder erſchienen waren, |
| 366 | 20 v. o. | Spalten | Spalte |
| 371 | 17 v. o. | §. 809 | §. 808 |
| — | 19 v. o. | verhältnißmäßige | verhältnißmäßigen |
| 374 | 8 v. u. | für das reflectirte | für das reflectirte ſowohl als für das durchgelaſſene |
| 415 | 22 v. o. | A C B | r c s |
| — | 26 v. o. | mehr | etwas mehr |
| 416 | 3 v. o. | ſeine | ſeiner |
| 420 | 4 v. o. | die erſte | die erſte einfache bloß aus Kronglas geſchliffene |
| — | 5 v. o. | die zweyte | die zweyte zuſammengeſetzte (aus einer Concavlinſe von Flintglas und einer Convexlinſe von Kronglas beſtehende) |
| — | 6 v. o. | Flintglaslinſe | Flint- und Kronglaslinſe |
| — | 8 v. o. | nach | veranlaßt durch |
| 421 | 6 v. u. | nur | meiſtens nur |
| 429 | 4 v. u. | vollkommen | vollkommenen |
| 432 | 4 v. u. | f g | s g |
| 471 | 16 v. o. | kreisförmigen | kegelförmigen |
| 492 | 11 v. o. | n und f | f und f |
| 521 | 6 v. o. | Zinkplatte | Zinkplatte z (Zeichnung 407) |
| — | 6 v. o. | Kupferplatte | Kupferplatte k |
| — | 7 v. o. | 407 | 383 |
| 533 | 16 v. o. | Bohuenberger | Bohnenberger |
| 541 | 27 v. o. | electriſcher | chemiſcher |
| 542 | 9 v. o. | Ledarive. | Delarive |
| 571 | 10 v. u. | Magnet frey | Magnet in der horizontalen Ebene frey |
| 577 | 4 v. u. | mehrere | vielleicht mehrere |
| 580 | 24 v. o. | Äquators | Äquators a á a |
| 582 | 7 v. o. | in hortzontale Lage zu bringen | in horizontaler Lage zu drehen |
| — | 7 u. 8 v. o. | ihn zu heben oder zu ſenken | ihn beliebig zu neigen |
| 583 | 4 v. o. | m n | m s |
| — | 15 v. o. | nicht | nichts |
| 584 | 9 v. o. | der | den |
| 588 | 17 v. o. | diejenige | diejenigen |
| 590 | 9 v. o. | dem andern Elemente | den andern Elementen |
| 595 | 6 u. 7. v. o. | entgegengeſetzte | gleichnahmige |
| 599 | 17 v. o. | Hueiſenmagnetes | Hufeiſenmagnetes |
| 600 | 13 v. u. | zwey | eines |
| — | 12 v. u. | ſind | iſt |
| 605 | 2 v. u. | g p | p q |
| 610 | letzte | *tang.* b c d | M. *tang.* b c d |
| 612 | 13 v. o. | Rahmes | Rahmens |
| 620 | 13 v. o. | zu machen | zu ſtellen |
| 621 | 12 v. o. | 488 | 487 |
| 622 | 3 v. o. | d | d′ |
| 626 | 12 v. u. | a b | b c |
| 662 | 10 u. 11 v. u. | Dieſe Zeiten ſind nur | Jene Zeiten ſind oben nur |
| 666 | 17 v. o. | genannt | genannt (Zeichn. 518) |
| 670 | 14 v. o. | die Olmſtedt | die auch Olmſtedt |
| 682 | 5 v. o. | metall. | meteoriſcher |
| 685 | 6 v. o. | Werden die Wolken | Werden Wolken |
| 687 | 10 v. o. | Horizont | Horizont o h |

Kleinere Fehler, die den Sinn nicht ſtören (wie z. B. dem ſtatt den u. dgl.), wird der Leſer erſucht gefällig ſelbſt zu berichtigen.

Bei dem Verleger dieſes Werkes ſind auch nachſtehende empfehlenswerthe Schriften erſchienen, und daſelbſt, ſo wie in allen Buchhandlungen des In- und Auslandes zu haben:

**Arbeſſer, J.**, Conſtructions-Lehre mit ihren Anwendungen auf Schatten-Conſtruction, Perſpectiv- und Maſchinenzeichnung, als Vorbereitung zu Monge's nnd Hachette's Werken. Mit 7 Kupfern. gr. 8. 1824. 1 fl. 30 kr.

**Baumgartner, Dr. Andr.**, die Mechanik in ihrer Anwendung auf Künſte und Gewerbe, gemeinverſtändlich dargeſtellt. Zweite vermehrte und ganz umgearbeitete Auflage. Mit 9 Kupfertafeln. gr. 8. 1834. 3 fl. C. M.

**Beskiba, Joſ.**, Auflöſungslehre der Gleichungen, ſammt einer Sammlung von Aufgaben, deren Auflöſung auf Gleichungen des erſten und zweiten Grades führt. Zweite vermehrte, dem gegenwärtigen Stande der Wiſſenſchaft anpaſſend bearbeitete Auflage. 8. 1832. 2 fl. 30 kr. C. M.

**Burg, Adam**, Anfangsgründe der analytiſchen Geometrie. Zum Behufe des öffentlichen Vortrages und Selbſtunterrichtes. Mit 2 Kupfern. gr. 8. 1824. 2 fl. 30 kr. C. M.

— — ausführliches Lehrbuch der höhern Mathematik. Mit beſonderer Rückſicht auf die Zwecke des praktiſchen Lebens bearbeitet. Drei Bände. Mit 12 Kupfertafeln. gr. 8. 1833. 9 fl. C. M.

**Burger, J.**, Lehrbuch der Landwirthſchaft. Dritte vermehrte und verbeſſerte Auflage. Zwei Bände. gr. 8. 1830. Jeder Band à 3 fl. 30 kr. 7 fl. C. M.

**Ettingshauſen, A. v.**, Vorleſungen über die höhere Mathematik. Zwei Bände. Erſter Band, die Analyſis. Zweiter Band, die analytiſche Geometrie und Mechanik. gr. 8. 1827. 7 fl. C. M.

**Euler, Leonh.**, vollſtändige Anleitung zur Integralrechnung. Aus dem Lateiniſchen ins Deutſche überſetzt von Joſ. Salomon. Erſter Band, welcher die Integrationsmethoden von den erſten Principien bis zur Integration der Differenzialgleichungen des erſten Grades enthält. gr. 8. 1828. 3 fl. C. M.

— — Zweiter Band, welcher die Materie, aus einer gegebenen Relation der Differenzialien des zweiten oder eines höhern Grades Funktionen einer einzigen Veränderlichen zu finden, behandelt. gr. 8. 1829. 3 fl. C. M.

— — Dritter Band, welcher die Methode, aus einer gegebenen Relation der Differenzialien eines beliebigen Grades Funktionen zweier oder mehrerer Veränderlichen zu finden, behandelt, nebſt einem Anhange über die Variationsrechnung und einem Supplemente. Mit 1 Kupfertafel. gr. 8. 1830. 3 fl. C. M.

— — Vierter Band, welcher die Supplemente enthält, die theils noch nicht öffentlich bekannt gemacht, theils in den Werken der kaiſerlichen Akademie der Wiſſenſchaften zu Petersburg abgedruckt worden ſind. Mit 2 Kupfertafeln. gr. 8. 1830. 3 fl. 45 kr. C. M.

Bayerische Staatsbibliothek München

**Ficker, F.**, Literaturgeſchichte der Griechen und Römer, nebſt Anhang von ſynchroniſtiſchen Tabellen über die Staaten-, Literatur- und Kunſtgeſchichte beider Völker. Vorzüglich zum Gebrauche der akademiſchen Jugend und angehender Gymnaſialprofeſſoren und Privatlehrer. Zweite vermehrte und verb. Auflage. gr. 8. 1835. 3 fl. C. M.

**Hurtel, J. M.**, Grundlehren der deutſchen Sprache. Zweite umgeänderte, mit einer näheren Vorbereitung zu Aufſätzen und mit Aufgaben vermehrte Auflage. gr. 8. 1830. 2 fl.

— — Grundriß der Aufſatzlehre. Ein theoretiſch-praktiſches Handbuch zum öffentlichen und zum Privat-Unterrichte. gr. 8. 1824. 2 fl. 15 kr. C. M.

**Lehmann, Kaspar**, Leitfaden für die Vorleſungen über die Geſchichte in den k. k. Kadettenſchulen. gr. 8. 1835. 1 fl. 40 kr. C. M.

**Meißner's, P. T.**, Handbuch der allgemeinen und techniſchen Chemie. Zum Selbſtunterrichte und zur Grundlage ſeiner ordentlichen und außerordentlichen Vorleſungen entworfen. (Auch unter dem Titel: Anfangsgründe des chemiſchen Theiles der Naturwiſſenſchaft ꝛc.)

Erſter Band. Syſtem der Chemie. Chemikaliſcher Apparat. Tabellariſche Ueberſicht der unzerlegten Stoffe und ihrer Verbindungen. Mit vier Kupfertafeln. gr. 8. 1819. 5 fl. C. M.

Zweiter Band in zwei Abtheilungen. Chemie der nicht metalliſchen Stoffe Mit zwei Kupfertafeln. gr. 8. 1820. 6 fl. C. M.

Dritter Band. Chemie der Metalloide. Mit einer Kupfertafel. gr. 8. 1821. 5 fl. C. M.

Vierter Band in drei Abtheilungen. Erſte Abtheilung. Chemie der ſäurefähigen Metalle. gr. 8. 1822. 3 fl. C. M.

Zweite und dritte Abtheilung. Chemie der oxydbildenden Metalle. gr. 8. 1824. 6 fl. C. M.

Fünfter Band. Erſte Abtheilung. Chemie der nähern Beſtandtheile organiſcher Reſte. (Azotfreie organiſche Subſtanzen.) 1827. 6 fl. C. M.

Zweite Abtheilung. Chemie der nähern Beſtandtheile organiſcher Reſte. (Azothältige organiſche Subſtanzen.) gr. 8. 1829. 6 fl. C. M.

Dritte Abtheilung. Chemie der nähern Beſtandtheile organiſcher Reſte. (Noch nicht näher unterſuchte und problematiſche Subſtanzen.) gr. 8. 1831. 6 fl. C. M.

Dritte Abtheilung, Schluß. Chemie der nähern Beſtandtheile organiſcher Reſte. (Noch nicht näher unterſuchte und problematiſche Subſtanzen.) (Beſchluß.) gr. 8. 1833. 6 fl. C. M.

**Neumann, Johann Ph.**, Ernſt, Frohſinn und Scherz, in Dichtungen mannigfachen Inhaltes. 12. 1830. In Umſchlag broſchirt 1 fl. 15 kr. C. M.

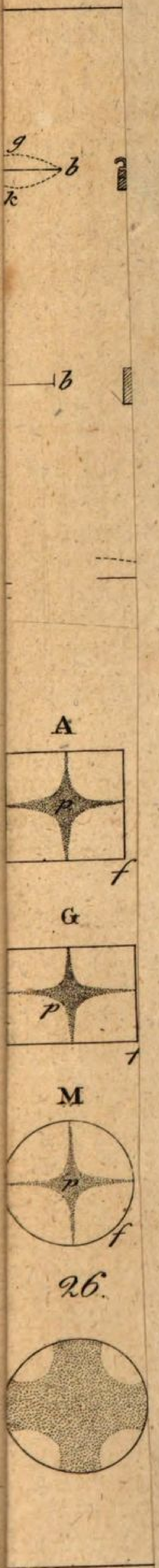
**Salomon, J.**, Handbuch der ebenen und ſphäriſchen Trigonometrie. Mit drei Kupfern. gr. 8. 1824. 2 fl. C. M.

— — Lehrbuch der Arithmetik und Algebra. Zweite, durchaus verbeſſerte Auflage. gr. 8. 1831. 4 fl. C. M.

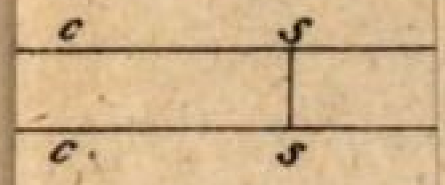
— — Verſuch eines gemeinfaßlichen Unterrichtes in der Arithmetik. gr. 8. 1825. 3 fl. C. M.

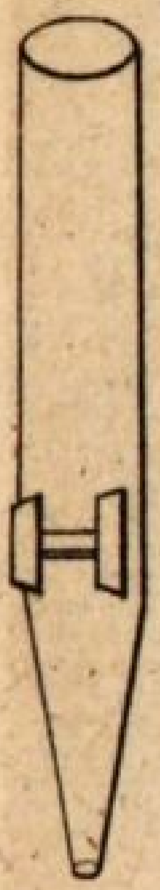
— — Lehrbuch der reinen Elementar-Geometrie zum öffentlichen Gebrauche und Selbſtunterrichte. Zweite durchaus verbeſſerte Auflage. Mit 5 Kupfertafeln. gr. 8. 1833. 2 fl. 30 kr. C. M.

Bayerische Staatsbibliothek München


g
b
k
b
A
p
f
G
p
M
p
f
26.

32.

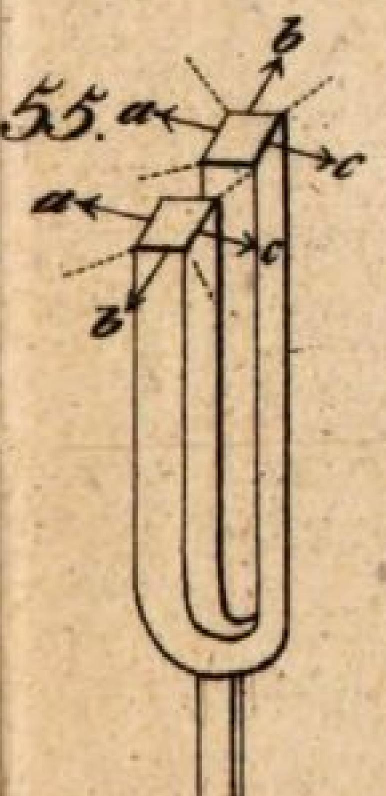


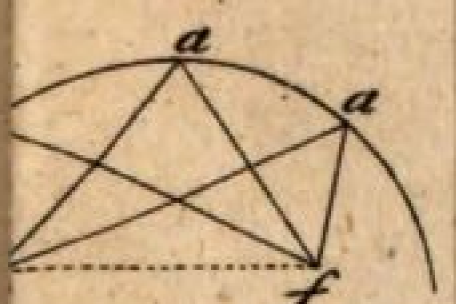
47.

48.

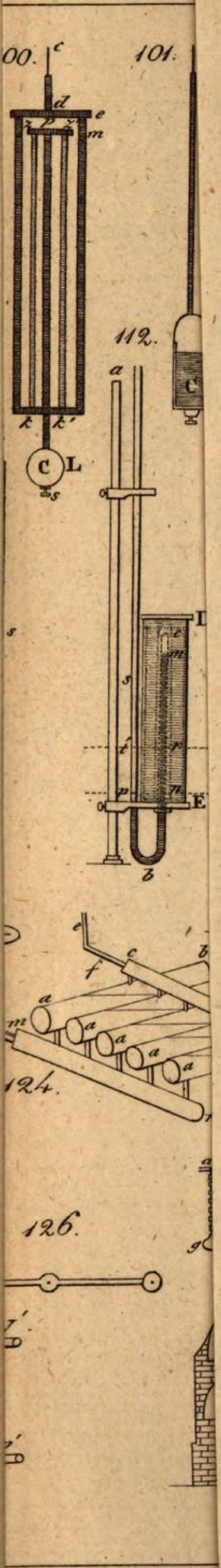
55.



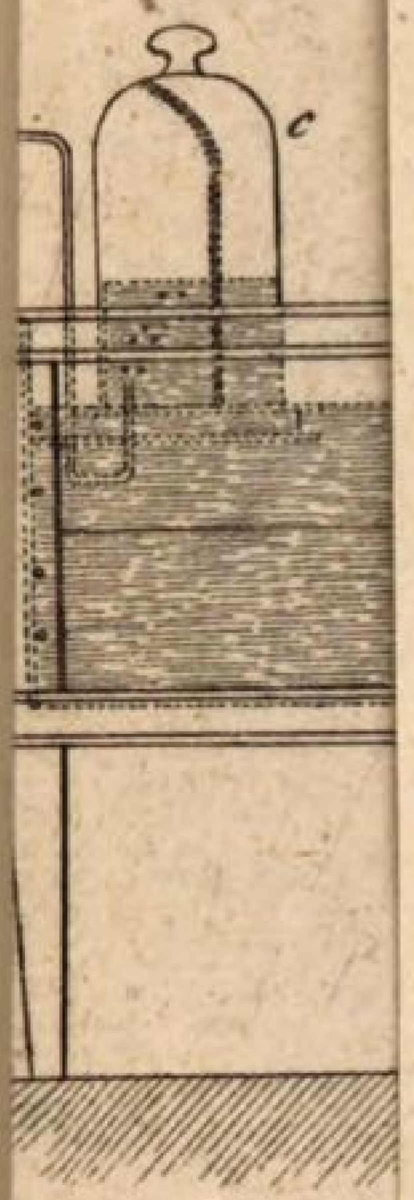

62.



71.
92.

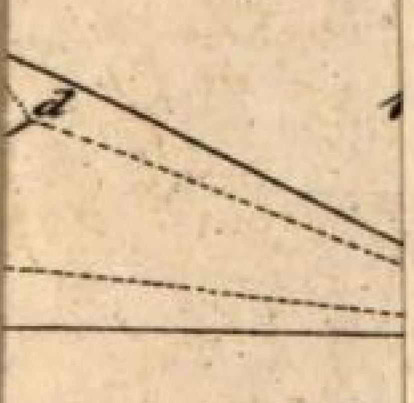


101.
112.
124.
126.

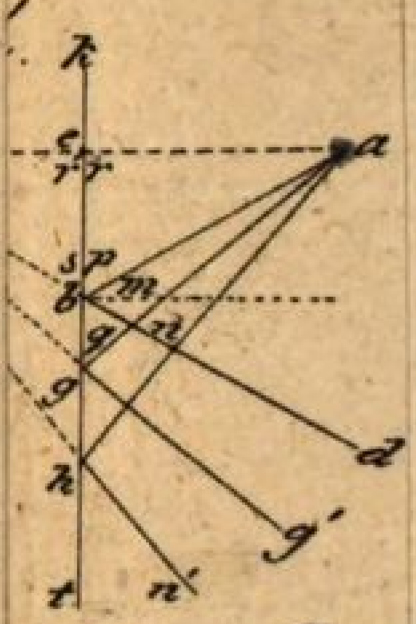


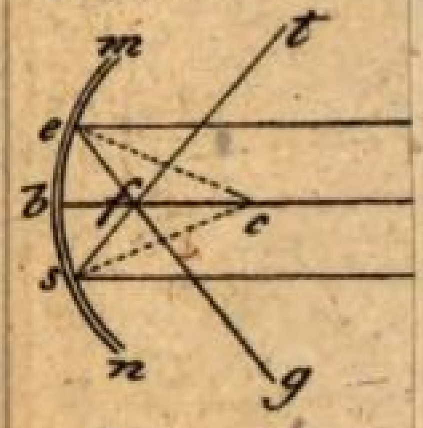

43.

154.

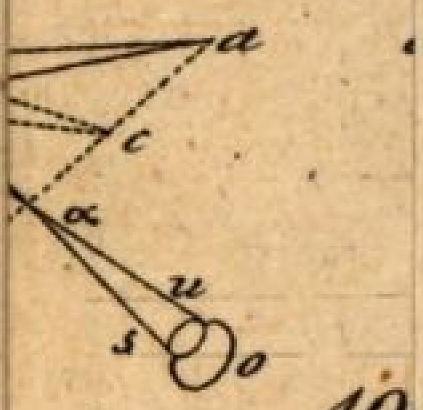



166

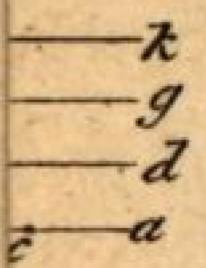

k
c
r r
s p
b m
q n
g
h
t n'
a
d
g'


m
t
e
b
f
c
s
n
g

191.

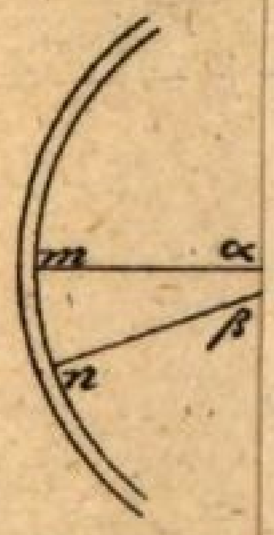

a
c
α
u
s
o

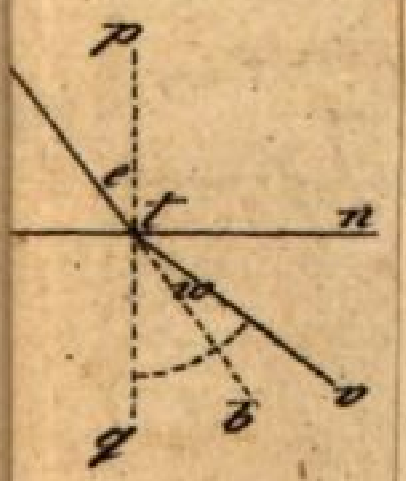
19


k
g
d
a

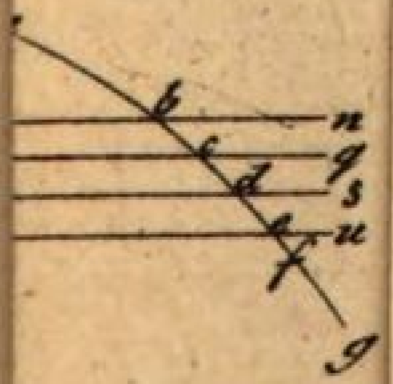
n
e
a

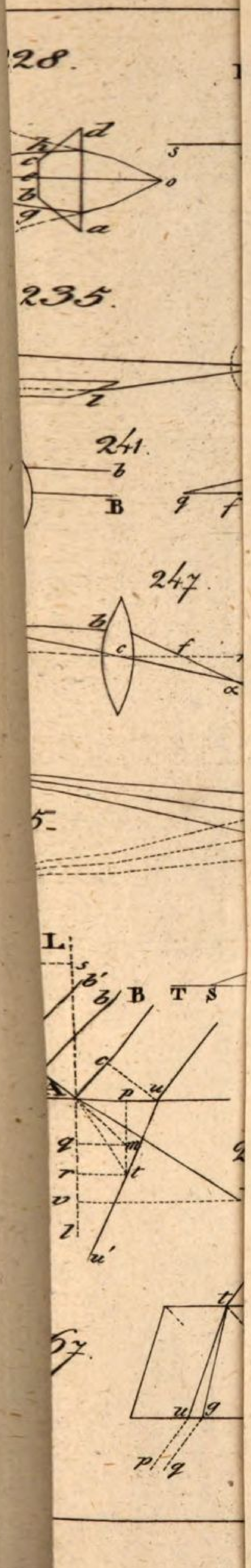
A'

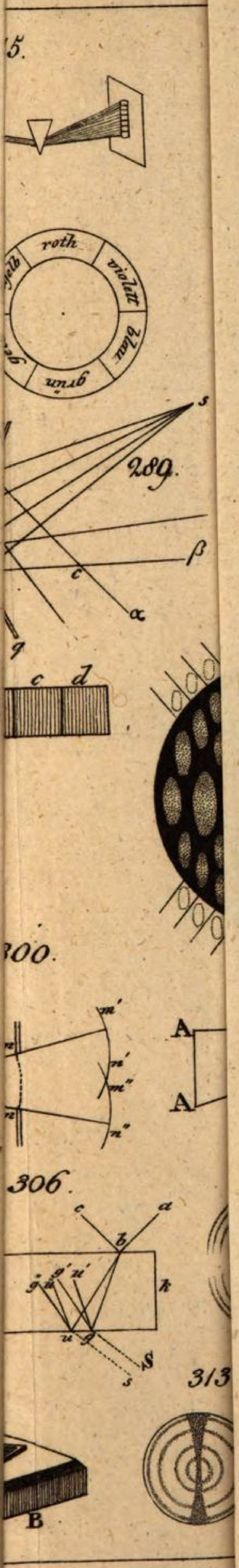

m
α
β
n

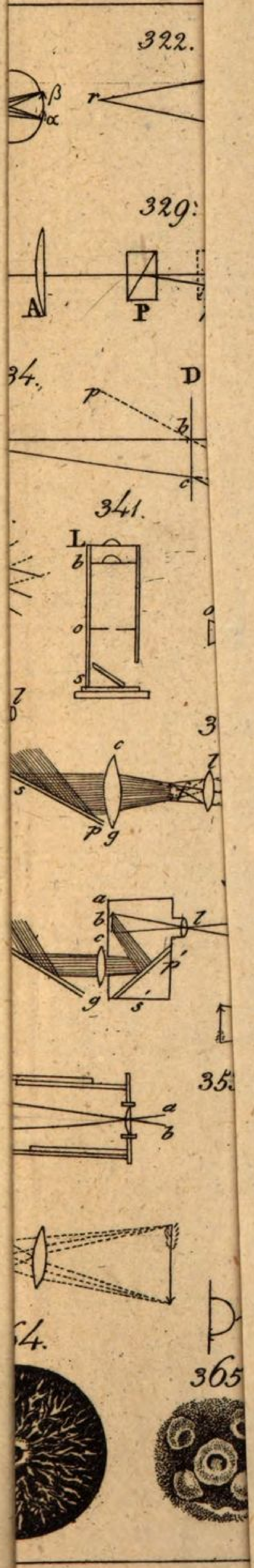

p
e
t
n
w
b
v
q

221.


b
n
c
q
d
s
e
u
f
g

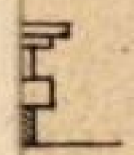

228.
235.
241.
247.


15.
roth
violett
blau
grün
gelb
289.
300.
306.
313



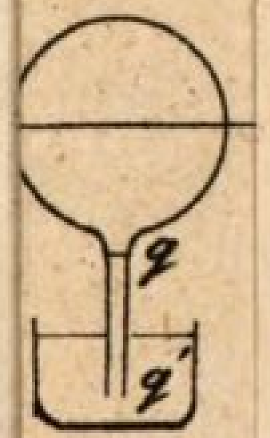
322.
329.
A
P
D
341.
L
365

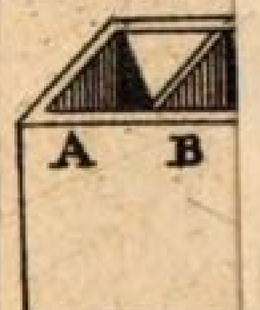
374



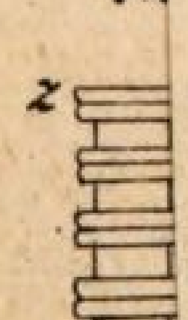
39

403.

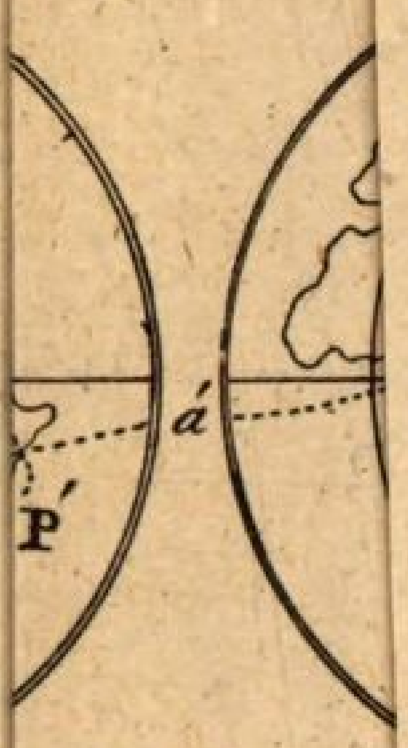


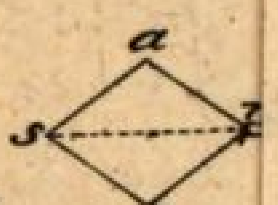



42

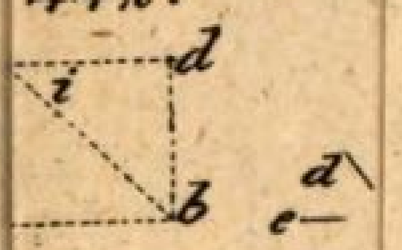


431.

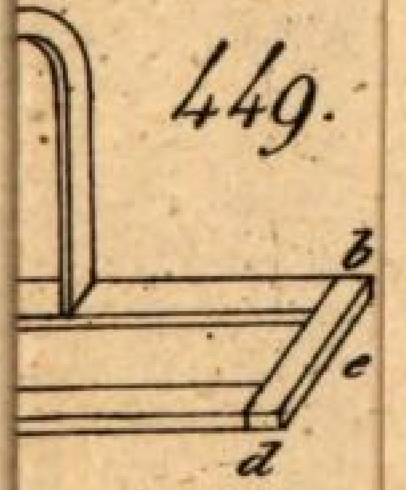


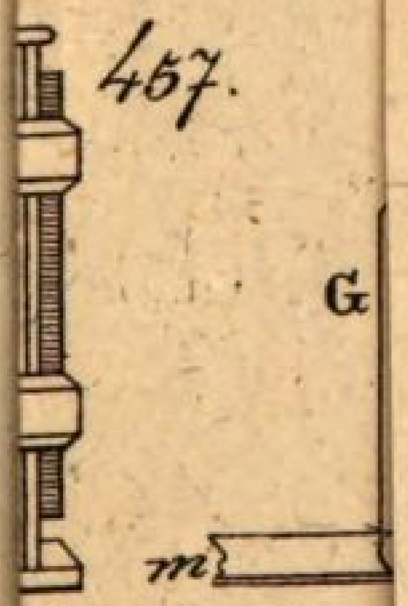

442.



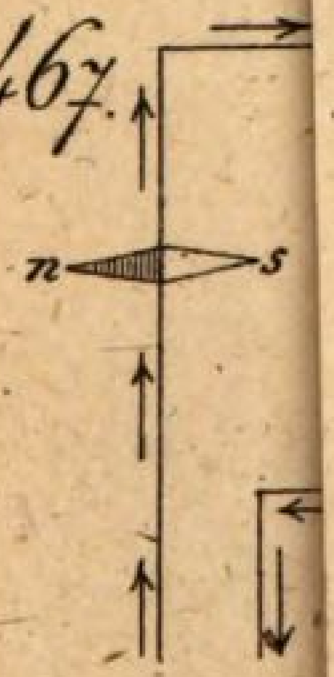

449.




457.




467.



487.
8.B
522.

BSB Bayerische StaatsBibliothek
MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Neumann, Johann Philipp,

Handbuch der Physik

Bd.: 2

Wien 1835

BHS II H 69-2
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10707541-0